

Aus der
Klinik für Klauentierkrankheiten und Fortpflanzungskunde
im Fachbereich Veterinärmedizin
der Freien Universität Berlin

**UNTERSUCHUNGEN ÜBER DAS
VERHALTEN DER BLUTGASE UND DES
SÄURE-BASEN-HAUSHALTES BEI NEUGEBORENEN
KÄLBERN BIS 3 TAGE POST PARTUM UNTER
BERÜCKSICHTIGUNG DES
GESUNDHEITZUSTANDES BEI DER GEBURT.**

**INAUGURAL-DISSERTATION
zur Erlangung des Grades eines
Doktors der Veterinärmedizin
an der Freien Universität Berlin**

vorgelegt von
Anne-Brit Blanke
geb. Swensen
aus Drammen/Norwegen

Berlin 1984

Journal-Nr. 1198



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546612_0031

Aus der
Klinik für Klautierkrankheiten und Fortpflanzungskunde
im Fachbereich Veterinärmedizin
der Freien Universität Berlin

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DAS VERHALTEN DER BLUTGASE UND DES
SÄURE-BASEN-HAUSHALTES BEI NEUGEBORENEN KÄLBERN BIS
3 TAGE POST PARTUM UNTER BERÜCKSICHTIGUNG DES GESUNDHEITS-
ZUSTANDES BEI DER GEBURT.

I N A U G U R A L - D I S S E R T A T I O N

zur Erlangung des Grades eines
Doktors der Veterinärmedizin
an der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Anne-Brit Blanke
geb. Swensen
aus Drammen/Norwegen

Berlin 1984

Journal-Nr. 1198

Gedruckt mit Genehmigung
des Fachbereiches Veterinärmedizin
der Freien Universität Berlin

Fachbereichssprecher: Prof. Dr. F. Hörchner

Referent: Prof. Dr. K.H. Lotthammer

Korreferent: Prof. Dr. H. Krzywanek

Tag der Promotion: 23. November 1984

INHALT

1938

I. Einleitung	1
II. Die Entwicklung der deutschen Literatur	2
III. Die deutsche Literatur im 19. Jahrhundert	3
IV. Die deutsche Literatur im 20. Jahrhundert	4
V. Die deutsche Literatur im 21. Jahrhundert	5
VI. Die deutsche Literatur im 22. Jahrhundert	6
VII. Die deutsche Literatur im 23. Jahrhundert	7
VIII. Die deutsche Literatur im 24. Jahrhundert	8
IX. Die deutsche Literatur im 25. Jahrhundert	9
X. Die deutsche Literatur im 26. Jahrhundert	10
XI. Die deutsche Literatur im 27. Jahrhundert	11
XII. Die deutsche Literatur im 28. Jahrhundert	12
XIII. Die deutsche Literatur im 29. Jahrhundert	13
XIV. Die deutsche Literatur im 30. Jahrhundert	14
XV. Die deutsche Literatur im 31. Jahrhundert	15
XVI. Die deutsche Literatur im 32. Jahrhundert	16
XVII. Die deutsche Literatur im 33. Jahrhundert	17
XVIII. Die deutsche Literatur im 34. Jahrhundert	18
XIX. Die deutsche Literatur im 35. Jahrhundert	19
XX. Die deutsche Literatur im 36. Jahrhundert	20
XXI. Die deutsche Literatur im 37. Jahrhundert	21
XXII. Die deutsche Literatur im 38. Jahrhundert	22
XXIII. Die deutsche Literatur im 39. Jahrhundert	23
XXIV. Die deutsche Literatur im 40. Jahrhundert	24
XXV. Die deutsche Literatur im 41. Jahrhundert	25
XXVI. Die deutsche Literatur im 42. Jahrhundert	26
XXVII. Die deutsche Literatur im 43. Jahrhundert	27
XXVIII. Die deutsche Literatur im 44. Jahrhundert	28
XXIX. Die deutsche Literatur im 45. Jahrhundert	29
XXX. Die deutsche Literatur im 46. Jahrhundert	30
XXXI. Die deutsche Literatur im 47. Jahrhundert	31
XXXII. Die deutsche Literatur im 48. Jahrhundert	32
XXXIII. Die deutsche Literatur im 49. Jahrhundert	33
XXXIV. Die deutsche Literatur im 50. Jahrhundert	34
XXXV. Die deutsche Literatur im 51. Jahrhundert	35
XXXVI. Die deutsche Literatur im 52. Jahrhundert	36
XXXVII. Die deutsche Literatur im 53. Jahrhundert	37
XXXVIII. Die deutsche Literatur im 54. Jahrhundert	38
XXXIX. Die deutsche Literatur im 55. Jahrhundert	39
XL. Die deutsche Literatur im 56. Jahrhundert	40
XLI. Die deutsche Literatur im 57. Jahrhundert	41
XLII. Die deutsche Literatur im 58. Jahrhundert	42
XLIII. Die deutsche Literatur im 59. Jahrhundert	43
XLIV. Die deutsche Literatur im 60. Jahrhundert	44
XLV. Die deutsche Literatur im 61. Jahrhundert	45
XLVI. Die deutsche Literatur im 62. Jahrhundert	46
XLVII. Die deutsche Literatur im 63. Jahrhundert	47
XLVIII. Die deutsche Literatur im 64. Jahrhundert	48
XLIX. Die deutsche Literatur im 65. Jahrhundert	49
L. Die deutsche Literatur im 66. Jahrhundert	50
LI. Die deutsche Literatur im 67. Jahrhundert	51
LII. Die deutsche Literatur im 68. Jahrhundert	52
LIII. Die deutsche Literatur im 69. Jahrhundert	53
LIV. Die deutsche Literatur im 70. Jahrhundert	54
LVI. Die deutsche Literatur im 72. Jahrhundert	56
LVII. Die deutsche Literatur im 73. Jahrhundert	57
LX. Die deutsche Literatur im 75. Jahrhundert	59
LXI. Die deutsche Literatur im 76. Jahrhundert	60
LXII. Die deutsche Literatur im 77. Jahrhundert	61
LXIII. Die deutsche Literatur im 78. Jahrhundert	62
LXIV. Die deutsche Literatur im 79. Jahrhundert	63
LXV. Die deutsche Literatur im 80. Jahrhundert	64
LXVI. Die deutsche Literatur im 81. Jahrhundert	65
LXVII. Die deutsche Literatur im 82. Jahrhundert	66
LXVIII. Die deutsche Literatur im 83. Jahrhundert	67
LXIX. Die deutsche Literatur im 84. Jahrhundert	68
LXX. Die deutsche Literatur im 85. Jahrhundert	69
LXXI. Die deutsche Literatur im 86. Jahrhundert	70
LXXII. Die deutsche Literatur im 87. Jahrhundert	71
LXXIII. Die deutsche Literatur im 88. Jahrhundert	72
LXXIV. Die deutsche Literatur im 89. Jahrhundert	73
LXXV. Die deutsche Literatur im 90. Jahrhundert	74
LXXVI. Die deutsche Literatur im 91. Jahrhundert	75
LXXVII. Die deutsche Literatur im 92. Jahrhundert	76
LXXVIII. Die deutsche Literatur im 93. Jahrhundert	77
LXXIX. Die deutsche Literatur im 94. Jahrhundert	78
LXXX. Die deutsche Literatur im 95. Jahrhundert	79
LXXXI. Die deutsche Literatur im 96. Jahrhundert	80
LXXXII. Die deutsche Literatur im 97. Jahrhundert	81
LXXXIII. Die deutsche Literatur im 98. Jahrhundert	82
LXXXIV. Die deutsche Literatur im 99. Jahrhundert	83
LXXXV. Die deutsche Literatur im 100. Jahrhundert	84

Meinen Eltern

INHALTSVERZEICHNIS

	<u>Seite</u>
1. EINLEITUNG	1
2. LITERATUR	2
2.1 Allgemeine Einführung in die Grundlagen der Blutgase und des Säure-Basen-Haushaltes sowie Definition einiger Blutparameter	2
2.2 Interpretation der Blutgaswerte	7
2.3 Technik der Blutentnahme und systematisch bedingte Einflüsse auf die Blutgaswerte	9
2.4 Perinatale Untersuchungen bei Menschen	11
2.5 Perinatale Untersuchungen bei Tieren	19
3. EIGENE UNTERSUCHUNGEN	37
3.1 Material und Methoden	37
3.1.1 Versuchstiere	37
3.1.2 Blutentnahme	38
3.1.3 Blutgasanalyse	39
3.1.4 Statistische Auswertung und Methoden	41
3.1.5 Zuordnung der Versuchskälber zu verschiede- nen, anhand des Beurteilungsschemas gebilde- ten Gruppen	41
3.1.6 Beziehung zwischen klinischen Beurteilungs- punkten und einigen Blutparametern zur Zeit der Geburt	43
3.2 Untersuchungsergebnisse	47
3.2.1 Verlaufsuntersuchung bei den Kälbern	47
3.2.1.1 pH-Werte	48
3.2.1.2 CO ₂ -Partialdruck (pCO ₂ in mmHg)	51
3.2.1.3 Sauerstoff-Partialdruck (pO ₂ in mmHg)	54
3.2.1.4 Plasmabikarbonat (HCO ₃ ⁻ in mmol/l)	57
3.2.1.5 Standardbikarbonat (SBC in mmol/l)	60

	<u>Seite</u>
3.2.1.6 Basenüberschuß (BE in mmol/l)	62
3.2.1.7 Standardbasenüberschuß (SBE in mmol/l)	65
3.2.1.8 Gesamt-CO ₂ (TCO ₂ in mmol/l)	67
3.2.1.9 Sauerstoffsättigung (SAT in %)	70
3.2.2 Überprüfung der Gruppeneinteilung anhand der Ergebnisse der Verlaufsuntersuchung	73
3.2.3 Beziehungen zwischen den Blutwerten der Kälber der zwei Beurteilungsgruppen unmittel- bar post partum	75
3.2.4 Blutgasmessungen bei den Muttertieren	77
3.2.5 Vergleich der Blutwerte der Muttertiere von "lebensfrischen" und "asphyktischen" Kälbern unmittelbar post partum	79
3.2.6 Beziehungen zwischen den Blutwerten der Kälber und der Muttertiere unmittelbar post partum	80
3.2.7 Korrelationen einiger Blutparameter zueinan- der bei den Kälbern bis 30 Minuten post partum	86
4. DISKUSSION	88
5. ZUSAMMENFASSUNG	101
6. SUMMARY	104
7. LITERATURVERZEICHNIS	107
8. ANHANG	115

Verzeichnis der Abbildungen

	<u>Seite</u>
Abbildung 1	21
Abbildung 2	45
Abbildung 3	46
Abbildung 4	50
Abbildung 5	53
Abbildung 6	56
Abbildung 7	59
Abbildung 8	64
Abbildung 9	69
Abbildung 10	72
Abbildung 11	82
Abbildung 12	83
Abbildung 13	84
Abbildung 14	85
Abbildung 15	116
Abbildung 16	117
Abbildung 17	118
Abbildung 18	119
Abbildung 19	120
Abbildung 20	121
Abbildung 21	122
Abbildung 22	123
Abbildung 23	124

1. EINLEITUNG

Die perinatale Kälbersterblichkeit wird, je nach Quelle, mit 2,9 bis 7,8% angegeben. Das entspricht etwa der Hälfte der Kälberverluste überhaupt.

Als Hauptursache werden in erster Linie Schweregeburten bei absolut zu großen Früchten angegeben (BACH, 1972). Nach HAHNDORF (1969) zeigten 75% der perinatal gestorbenen Kälber keine makroskopisch-pathologischen Veränderungen, d.h. sie sind zum großen Teil an den direkten oder indirekten Folgen einer Asphyxie gestorben.

Vorliegende Arbeit ist ein weiterer Beitrag zur Klärung der Adaptation der Kälber an das extrauterine Leben, bezogen auf den Säure-Basen-Haushalt und die Blutgase sowie zu der Frage, inwieweit das von MÖLLING (1976) aufgestellte "Punkteschema für die Beurteilung des Gesundheitszustandes neugeborener Kälber" zutreffend und für die Praxis anwendbar ist.

2. LITERATUR

2.1 Allgemeine Einführung in die Grundlagen der Blutgase und des Säure-Basen-Haushaltes sowie Definition einiger Blutparameter

Die Gewährleistung eines ständig ausreichenden Sauerstoffangebotes und die Elimination des bei den Stoffwechselprozessen entstehenden Kohlendioxydes aus dem Organismus ist die Aufgabe der Atmung.

Das Blut ist der Mittler des Stoffaustauschs zwischen den Teilen des Organismus. Es erfüllt also vor allem vielfältige Transportfunktionen. Zu den kardinalen Stoffgruppen, die durch die Blutflüssigkeit oder die Blutzellen transportiert werden, zählen die Atemgase, die Nährstoffe und die Metaboliten.

Die Nieren dienen, als wichtigste Exkretionsorgane des Körpers für Wasser und gelöste Substanzen, der Erhaltung und Regulation der normalen Zusammensetzung des Blut- und Gewebeserums. Sie sorgen durch die Ausscheidung von im Stoffwechsel entstandenen organischen Abbauprodukten, überflüssigem Wasser und Elektrolyten sowie körperfremder Bestandteile des Blutes über den Harn für die Aufrechterhaltung des osmotischen Druckes, des Säure-Basen-Gleichgewichtes, der Wasserstoffionenkonzentration (pH) und des optimalen Mengenverhältnisses der einzelnen Mineralstoffe zueinander.

Im Organismus werden die Atemgase in freiem, d.h. physikalisch gelöstem und chemisch gebundenem Zustand transportiert. Wegen des relativ kleinen O_2 -Absorptionskoeffizienten vermag das Blut nur wenig O_2 in physikalisch gelöster Form zu transportieren. In dieser Form könnte der O_2 -Bedarf der Gewebe nicht gedeckt werden. Erst das Hämoglobin (Hb) der Erythrozyten, mit dem der O_2 eine lockere chemische Bindung eingeht (Oxyhämoglobin, $Hb-O_2$), ermöglicht einen ausreichenden O_2 -Transport von der Lunge zu den Geweben.

Das O_2 -Bindungsvermögen des Hämoglobins hängt von verschiedenen Faktoren ab; so vom Partialdruck des Sauerstoffs (pO_2) und von der Temperatur des Blutes.

Die Sauersoffsättigung (SAT) des Blutes ist definiert als die an Hb gebundene O_2 -Menge zur vorliegenden Körpertemperatur, geteilt durch die Menge, die an das Hb gebunden werden kann, d.h. $SAT = \frac{\text{Gehalt}}{\text{Kapazität}}$ in %.

Das Blut hat nicht nur die Aufgabe, den Geweben Sauerstoff zuzuführen, sondern auch Kohlendioxyd von ihnen abzutransportieren. Trotz der guten Löslichkeit des CO_2 im Blut (20 mal besser löslich als O_2), vermag das Blut aber nur etwa 10% des Gesamt- oder Total- CO_2 (TCO_2 =freies + gebundenes CO_2) in physikalisch gelöster Form zum Ausscheidungsort (Lunge) zu transportieren. Dieser Teil des CO_2 wird CO_2 -Partialdruck oder -Spannung (pCO_2) genannt.

Die restlichen 90% werden in chemisch gebundener Form transportiert. Gelöstes CO_2 reagiert im Blutplasma mit H_2O und bildet Kohlensäure (H_2CO_3) nach der Gleichung: $CO_2 + H_2O = H_2CO_3$. Das Gleichgewicht der Reaktion befindet sich bei den Temperaturen und CO_2 -Druckverhältnissen des Säugetierorganismus ganz auf der linken Seite der Gleichung, d.h. nur etwa 1⁰/100 des gelösten CO_2 liegt als H_2CO_3 vor. Diese geringe Menge Säure ist aber gleichwohl von großer physiologischer Bedeutung, denn sie dissoziiert in HCO_3^- und H^+ , und zwar bei einem pH von 7,4 zu etwa 93%. Diese anfallenden H^+ -Ionen werden von den Pufferpuffern aufgenommen und verhüten so eine merkliche Senkung der pH-Werte. Der pH-Wert ist als der "negative dekadische Logarithmus der Wasserstoffionen-Konzentration im Blutplasma" definiert und läßt sich aus der Henderson-Hasselbalch'schen Gleichung errechnen. Zwischen dem pH-Wert und den Puffersystemen des Organismus gilt daher folgende Beziehung: $pH = pK + \log \frac{HCO_3^-}{H_2CO_3}$.

Für einen physiologischen Ablauf aller Lebensfunktionen ist eine weitgehende Konstanz des pH-Wertes im Blut wichtig. Es gibt im Organismus verschiedene Puffersysteme und Regelmechanismen, durch die der pH-Wert innerhalb einer physiologischen Schwankungsbreite von 7,35 bis 7,45 aufrechterhalten wird.

An Puffersystemen stehen im Vollblut zur Verfügung: Hämoglobin (Hb), Bikarbonat ($\text{H}_2\text{CO}_3/\text{HCO}_3^-$), Phosphat ($\text{H}_2\text{PO}_4^-/\text{HPO}_4^{=}$) und Plasmaproteine.

Obwohl die Pufferkapazität des Bikarbonats quantitativ, insbesondere in Relation zum Hb (80% der Gesamtpufferkapazität) gering ist, ist das Bikarbonat praktisch am bedeutsamsten, da es

1. an der metabolischen Säure-Basen-Regulation beteiligt ist,
2. über die Kohlensäure mit der respiratorischen Regulation in Verbindung steht,
3. als Einzelwert weitergehendere Rückschlüsse auf das Säure-Basen-Gleichgewicht zuläßt als einer der übrigen Puffer.

Veränderungen des pH-Wertes sind von großer pathophysiologischer und klinischer Bedeutung. Ein Absinken des pH-Wertes wird als Azidose, eine Erhöhung des pH-Wertes als Alkalose bezeichnet. Ist der Zustand durch eine Änderung des pulmonalen Gasaustausches bedingt, so spricht man von einer respiratorischen Azidose bzw. Alkalose. Ist dieser Zustand durch metabolische Prozesse hervorgerufen, so liegt eine metabolische Azidose bzw. Alkalose vor. Ein gemischter Zustand besteht, wenn gleichzeitig respiratorische und metabolische Störungen eine Verschiebung des Säuren-Basen-Gleichgewichts herbeigeführt haben.

Die respiratorische Azidose ist gekennzeichnet durch unvollständige Abatmung des im Stoffwechsel gebildeten Kohlendioxyds. Es kommt zu einer Erhöhung des pCO_2 (Hyperkapnie). Der Nenner in der Henderson-Hasselbalch'schen Gleichung

nimmt zu, wodurch sich der pH-Wert vermindert. Durch Pufferung und gesteigerte Bikarbonatbildung in der Niere kann der Organismus den HCO_3^- -Gehalt stark erhöhen, das $\text{HCO}_3^-/\text{H}_2\text{CO}_3$ -Verhältnis dem Wert 20:1 wieder annähern und die pH-Verschiebung klein halten. Bei der kompensierten respiratorischen Azidose findet man deshalb eine Zunahme aller metabolischen Parameter. Eine nicht genügend erhöhte positive Basenabweichung bei einer respiratorischen Azidose spricht für eine Überlagerung durch eine metabolische Azidose.

Die respiratorische Alkalose ist gekennzeichnet durch eine übersteigerte Abatmung von Kohlendioxyd. Es tritt eine Verminderung des pCO_2 ein (Hypokapnie). Der Nenner in der Henderson-Hasselbalch'schen Gleichung wird kleiner, der pH-Wert steigt. Durch Pufferung und gesteigerte renale Bikarbonatausscheidung wird versucht, die HCO_3^- -Konzentration zu senken, das $\text{HCO}_3^-/\text{H}_2\text{CO}_3$ -Verhältnis dem normalen Wert anzugleichen und damit der pH-Änderung entgegenzuwirken. Die kompensierte respiratorische Alkalose geht deshalb mit einer Verminderung aller metabolischen Parameter einher. Sie kann leicht mit der kompensierten metabolischen Azidose verwechselt werden, denn die Befundkonstellation ist im Prinzip die gleiche. Durch klinische Daten wird aber im allgemeinen erkannt, ob die Veränderung der respiratorischen oder der metabolischen Komponente das Primäre ist.

Die metabolische Azidose ist gekennzeichnet durch eine Zunahme an starker Säure (Protonendonator) oder durch einen Mangel an Bikarbonat (Protonenakzeptor). Der Basenüberschuß (BE) hat daher ein negatives Vorzeichen. Ferner findet man eine Verminderung des aktuellen Plasmabikarbonats und der anderen metabolischen Parameter.

In der Henderson-Hasselbalch'schen Gleichung wirkt sich die HCO_3^- -Abnahme als Verringerung des Zählers mit nachfolgender pH-Verminderung aus. Durch Pufferung und kompensatorische Senkung des pCO_2 durch gesteigerte Ventilation versucht der Organismus, das normale $\text{HCO}_3^-/\text{H}_2\text{CO}_3$ -Verhältnis von

20:1 möglichst wiederherzustellen und damit die pH-Änderung so gering wie möglich zu halten.

Die metabolische Alkalose ist gekennzeichnet durch einen Verlust an starker Säure oder durch einen Überschuß von Protonenakzeptoren, meistens Bikarbonat. Der Basenüberschuß hat daher ein positives Vorzeichen. Das aktuelle Plasmabikarbonat und die anderen metabolischen Parameter sind dann erhöht. In der Henderson-Hasselbalch'schen Gleichung wirkt sich eine HCO_3^- -Zunahme als Vergrößerung des Zählers mit daraus folgendem Anstieg des pH-Wertes aus. Durch Pufferung und kompensatorische Erhöhung des pCO_2 sowie durch Verminderung der Ventilation (soweit der Sauerstoffbedarf es zuläßt) wirkt der Organismus dieser drohenden pH-Verschiebung entgegen.

Lunge und Nieren wirken also komplementär als regulierende Organe. pH-Wert-Veränderungen respiratorischen Ursprungs werden hauptsächlich renal (metabolisch) kompensiert, während umgekehrt metabolische pH-Wert-Veränderungen primär respiratorisch ausgeglichen werden. Tabelle 1 zeigt die möglichen Störungen des Säure-Basen-Haushaltes und die Gegenreaktion im Organismus. Dazu kommen noch sekundäre Kompensationen durch Verschiebungen zwischen intra- und extrazellulärer Flüssigkeit.

Eine eingehendere Darstellung der theoretischen Grundlagen des Säure-Basen-Haushaltes und der Blutgase einschließlich der physikalischen und chemischen Grundlagen sowie der Pathophysiologie, der Klinik und der Methoden zur Messung der in Frage kommenden Parameter gibt MÜLLER-PLATHE (1973) für den Menschen. Gleichwohl sind aber die wesentlichen theoretischen Grundlagen auch für Säugetiere (Warmblüter) gültig.

Tabelle 1: Mögliche Störungen des Säure-Basen-Haushaltes und die Gegenreaktion im Organismus (nach BEHREND 1977)

	Grad der Kompensation	pCO ₂	pH	HCO ₃ ⁻
1) Respiratorische Azidose	nicht kompensiert teilw. kompensiert kompensiert	stark erhöht stark erhöht stark erhöht	stark erniedrigt erniedrigt normal	normal erhöht stark erhöht
2) Respiratorische Alkalose	nicht kompensiert teilw. kompensiert kompensiert	stark erniedr. stark erniedr. stark erniedr.	stark erhöht erhöht normal	normal erniedrigt stark erniedr.
3) Metabolische Azidose	nicht kompensiert teilw. kompensiert kompensiert	normal erniedrigt stark erniedr.	stark erniedr. erniedrigt normal	stark erniedr. stark erniedr. stark erniedr.
4) Metabolische Alkalose	nicht kompensiert teilw. kompensiert kompensiert	normal erhöht stark erhöht	stark erhöht erhöht normal	stark erhöht stark erhöht stark erhöht

2.2 Interpretation der Blutgaswerte

ASTRUP (1957) schlägt eine Änderung der zu der Zeit noch gebräuchlichen Terminologie bei der Bestimmung des Säure-Basen-Haushaltes vor, diskutiert die zur Erkennung der Störungen im Säure-Basen-Haushalt relevanten Werte und zeigt auf, daß zur Sicherung der Diagnose "Azidose" bzw. "Alkalose" die alleinige Bestimmung des Gesamt-CO₂ (TCO₂) nicht ausreicht. Er führt den Begriff "Standardbikarbonat" in die Diskussion ein und schlägt die noch heute gebräuchlichen Definitionen von Azidose und Alkalose (metabolische/respira-

torische Azidose/Alkalose kompensiert/nicht kompensiert) vor.

MURRAY (1969) weist auch darauf hin, daß das Messen nur einer Variablen im Säuren-Basen-Haushalt keine ausreichende Information einer pathologischen Abweichung gibt. Er führt als Beispiel an, daß beim Menschen ein pH-Wert von 7,20 eine Azidose anzeigt, aber keine Aussage darüber gibt, ob respiratorische oder metabolische Abweichungen vorliegen. Ähnlich spricht ein pCO_2 von 30 mmHg für eine Hyperventilation, es kann jedoch nicht gesagt werden, ob dabei eine respiratorische Unregelmäßigkeit (in diesem Fall wäre der pH-Wert erhöht) oder eine Antwort auf eine metabolische Azidose vorliegt (in diesem Fall wäre der pH-Wert erniedrigt).

HÜBL (1970) ist der Meinung, daß Störungen des Säure-Basen-Haushaltes nur dann sinnvoll therapeutisch kompensiert werden können, wenn die Werte ermittelt werden, die nicht nur die Gesamtsituation, sondern auch die Einzelkomponenten des Säure-Basen-Stoffwechsels erkennen lassen. Nach Angaben des Autors wird die Gesamtsituation durch den pH-Wert charakterisiert, die respiratorische Komponente durch den CO_2 -Partialdruck im arteriellen Blut und die metabolische Komponente durch das Standardbikarbonat (SBC).

Um den physikalisch-chemischen pCO_2 -Einfluß auf die Bikarbonatkonzentration auszuschalten, wird eine Bikarbonatbestimmung unter Bedingungen verwendet, die hinsichtlich des pCO_2 standardisiert ist.

Standardbikarbonat ist definiert als Plasmabikarbonatkonzentration nach Äquilibration des Vollbluts mit einem pCO_2 von 40 mmHg bei $37^\circ C$ und Sauerstoffvoll sättigung des Hämoglobins (MÜLLER-PLATHE, 1973).

Auch HASKINS (1977a) kommt zu dem Schluß, daß der Grad des Einflusses der respiratorischen Komponenten im Säure-Basen-Haushalt durch den pCO_2 ausgedrückt und somit die Diagnose "Azidose" bzw. "Alkalose" bestimmt wird, während die Größe des Einflusses der metabolischen Komponenten durch das Ba-

sendefizit oder den Basenüberschuß zum Ausdruck kommt. Der Basenüberschuß (BE) wird nomographisch ermittelt und liefert die direkte Aussage, wieviel mmol Base pro Liter Blut in vitro überschüssig oder zu wenig vorhanden sind. Der Ausdruck Basenüberschuß oder base excess (BE) ist deshalb unglücklich gewählt, da ein Basendefizit als "negativer Überschuß" bezeichnet wird. Basenabweichung wäre die exakteste Bezeichnung.

WELS et al. (1973) zeigen, wie wichtig es ist, immer die Körpertemperatur der Versuchstiere zum Zeitpunkt der Blutprobenentnahme zu berücksichtigen.

TRUNIGER (1974) weist darauf hin, daß bei akuten respiratorischen Azidosen infolge Asphyxie oder Fruchtwasseraspiration keine renale Kompensation erfolgt, und die anfallenden H^+ -Ionen lediglich durch die Puffermechanismen abgefangen werden. Hierbei kommt es bei den Werten für das Plasmabikarbonat zu relativ geringen, beim Standardbikarbonat zu keinen Abweichungen, während der pH-Wert unter dem klinischen Bild einer schweren Azidose abfällt.

JAMES (1960) gibt an, daß beim erwachsenen Menschen die Nierenfunktion, also auch der renale Ausgleich einer Säure-Basen-Störung, bei einem pH-Wert von 7,2 stark vermindert ist und bei pH 7,0 zusammenbricht. Der Kreislauf droht danach zu kollabieren, wenn der pH-Wert unter 6,9 fällt. Dies ist besonders wegen des rapiden Abfalls des pH-Wertes bei einer Apnoe von Bedeutung.

2.3 Technik der Blutentnahme und systematisch bedingte Einflüsse auf die Blutgaswerte

HASKINS (1977b) macht Vorschläge zur Technik der Blutprobengewinnung für die Blutgasanalyse, da unterschiedliche Methoden der Probengewinnung bzw. Aufbewahrung der Blutproben die Meßwerte verändern können.

Die Hauptfehlerquellen sind nach Meinung des Autors: die Probengewinnung durch verschiedene Personen, die Auswertung durch verschiedene Blutgasanalytoren, unterschiedliche Mengen der Antikoagulantien, der Ort der Blutentnahme (d.h. Punktionsstelle; Arterien, Venen bzw. Kapillaren), Dauer und Temperatur bei der Aufbewahrung (Raumtemperatur > 12 Min. bzw. Eiswasser $> 3,5$ Std.) sowie die Körpertemperatur.

Zu der Frage, ob statt arteriellem Blut auch Kapillarblut zur Untersuchung des Säure-Basen-Haushaltes verwendet werden kann, liefert MITSCHKE (1973) einen Beitrag. Er stellt durch Untersuchungen beim Hund fest, daß eine Auswertung des Kapillarblutes mit ausreichender Genauigkeit die Beurteilung der Blutgase- bzw. Säure-Basen-Verhältnisse anstelle des Arterienblutes zuläßt. Die arterio-kapilläre Beziehung der Werte geht jedoch verloren, wenn die Durchblutung des entsprechenden Kapillargebietes gestört ist. Für die kapilläre Blutgewinnung wurde die Oberleiste nach Hyperämisieren der Innenseite in ihrem vorderen Drittel nahe dem Umschlagsrand von Schleimhaut zu äußerer Haut punktiert.

MITSCHKE (1973) faßt ferner das ihm bekannte Schrifttum über die Verwendung von Kapillarblut für die Beurteilung der Blutgas- und Säure-Basen-Verhältnisse beim Menschen zusammen. Es herrscht die Ansicht, daß bei geeigneten Methoden der Kapillarblutgewinnung die Ergebnisse der Untersuchungen beim Menschen hinreichend genau sind.

WAZENHÖFER (1977) sowie WAZENHÖFER und MÜLLING (1978a) vergleichen die Medianwerte des pH-Wertes, $p\text{CO}_2$ und $p\text{O}_2$ aus kapillärem, venösem und arteriellem Blut beim Kalb und stellen fest, daß die Median-Werte aus kapillärem Blut zwischen denen aus arteriellem und venösem Blut liegen, die kapillären Werte jedoch näher bei den arteriellen liegen. Die Gewinnung des kapillären Blutes erfolgte nach intensiver Hyperämisierung am proximalen äußeren Bereich eines Ohres.

GOHARY et al. (1979) konnten durch Untersuchungen am Schaf

nachweisen, daß die hämatologischen und chemischen Blutmeßwerte während des Blutentnahmestresses Änderungen erfahren. U.a. kommt es auch zur Änderung der Werte für pH, $p\text{CO}_2$ und $p\text{O}_2$. Außerordentlich hoch ist dabei der Einfluß auf die Laktatkonzentration, wobei es zu einer deutlichen Zunahme kommt.

Individuelle, tages- und tageszeitabhängige Schwankungen von Blutbestandteilen beim Rind untersuchten UNSHELM und HAGEMEISTER (1969). Sie finden, daß individuelle Faktoren den stärksten Einfluß auf die Gesamtvarianz verschiedener Kriterien des Säure-Basen-Haushaltes (SBC, BE, $p\text{CO}_2$ und pH) haben. Signifikante Einflüsse des Untersuchungstages liegen nicht vor. Die bei allen geprüften Kriterien des Säure-Basen-Haushaltes signifikante Interaktion Kühe-Tage weist jedoch auf individuelle tagesabhängige Schwankungen hin.

Nachdem pH-Wert Analysen aus Mikroblutproben zur Überwachung von Feten und Neugeborenen zunehmend an Bedeutung gewinnen, ist eine Übersicht über die Zuverlässigkeit der Methode von aktuellem Interesse. BRETSCHER (1966, 1967) diskutiert die systematischen und zufälligen Fehler und ihre Quellen. Einige besonders interessante Fehlerquellen werden herausgestellt: Wehen-Pausen-Differenzen, Luftkontakt, anaerobe Glykolyse bei Lagerung der Blutprobe. Es folgen Angaben über deren Repräsentanz und auch die wichtigsten Irrtümer werden besprochen: logarithmische Rechenregeln, Wahl der Eichpuffer und Temperaturkorrektur.

2.4 Perinatale Untersuchungen bei Menschen

KUBLI et al. (1966a,b) sind der Ansicht, daß für die sog. physiologische respiratorisch-metabolische Azidose des Fetus in erster Linie die unter der Geburt auftretenden Veränderungen im mütterlichen Säure-Basen-Haushalt verantwortlich sind, da unter der Geburt, bedingt durch die schwere Muskel-

arbeit des Uterus, der dabei eine Sauerstoffschuld eingeht, Basendefizit und Milchsäureüberschuß im mütterlichen Blut zunehmen. Infolge der Konzentrationserhöhung vorgenannter Stoffwechselprodukte im mütterlichen Blut ist der Übertritt der fetalen sauren Stoffwechselprodukte auf die Mutter erschwert.

Auch BERG et al. (1966) meinen, daß die bei der Geburt beobachtete Azidose wenigstens zum Teil durch den Geburtsvorgang selbst bedingt ist. Es kommt unter der Geburt zu einer zunehmend respiratorisch-metabolischen Azidose des Fetus. Am Ende des Geburtsvorgangs ist die Stoffwechsellage des Fetus azidotisch und zwar nicht nur relativ zu den Normalwerten Erwachsener, sondern auch in Bezug auf die zu Beginn der Geburt vorliegende fetale Stoffwechsellage. Alle untersuchten Größen verändern sich in signifikanter Weise vom Beginn bis zum Ende des Geburtsvorgangs. Dabei stellt sich ein Abfall des fetalen pH-Wertes und des fetalen Basenüberschusses und ein Anstieg des fetalen pCO_2 ein.

SALING (1966a) meint, daß ein schleichend auftretender O_2 -Mangel beim Feten zu einer O_2 -Sparschaltung des Kreislaufes führt. Die Versorgung und die Funktion der lebenswichtigen Organe bleibt trotz einer herabgesetzten O_2 -Zufuhr gesichert, da weniger wichtige Organe als O_2 -Konsumenten weitgehend ausgeschlossen werden. In den notdürftig versorgten Körperabschnitten kommt es zur anaeroben Glykolyse und damit zu einer erhöhten Milchsäureproduktion, die, wenn sie ein bestimmtes Maß überschreitet, zu einer metabolischen Azidose führt.

SALING (1966b) erklärt mit seiner Theorie einige bis dahin ungeklärte Zustandsbilder, die auch für diese Arbeit interessant sind:

- 1) Die primäre metabolische Azidose bei Normoxämie oder nur geringfügiger Hypoxämie.
- 2) Die fehlende Korrelation zwischen dem Blut- O_2 -Gehalt und dem Gesamtzustand des Kindes.

- 3) Das Auftreten eines "Pufferbasentiefs" kurz nach der Geburt des Kindes.

APGAR (1953, 1966) schlug ein System zur klinischen Beurteilung von neugeborenen Kindern vor, das unter dem Begriff "Apgar Score" in die Klinik eingegangen ist. Die Autorin begründet die Notwendigkeit eines solchen Systems damit, daß der klinische Zustand eines Neugeborenen möglichst schnell und genau ermittelt werden sollte, und zwar schon in der ersten Lebensminute, da dies für eine eventuell benötigte Behandlung erforderlich ist. Das Apgar-Score-System ist ein Punktsystem, bei dem folgende 5 Kriterien beurteilt und mit 0, 1 oder 2 Punkten bewertet werden:

- 1) Herzschlagfrequenz. Sie wird als wichtigstes Kriterium angesehen und wie folgt bewertet: 100-140 Schläge/Min.=2, 100 Schläge/Min.=1 Punkt und erst wenn kein Herzschlag wahrgenommen werden kann, wird kein Punkt zugeteilt.
- 2) Einsetzen der Atmung. Säuglinge, die 60 Sek.p.p. noch nicht atmen, bekommen 0 Punkte; Säuglinge die normale Atmung und kräftiges Schreien zeigen, bekommen 2, und die mit unregelmässiger, flacher Atmung bekommen 1 Punkt.
- 3) Reflexauslösung. Dieses Kriterium wird je nach Intensität der Reizantwort auf bestimmte Berührungen bewertet.
- 4) Muskeltonus. Ein ganz "schlaffes" Kind erhält 0 Punkte und ein Kind mit spontan gebeugten Extremitäten, welches sich passiver Streckung derselben widersetzt, erhält 2 Punkte. Den dazwischenliegenden Stadien wird 1 Punkt zugeteilt.
- 5) Farbe. Dies ist das unbefriedigendste Beurteilungskriterium, da alle Kinder als zyanotisch geboren angesehen werden müssen. Außerdem ist das Verschwinden der zyanotischen Farbe schon in zwei anderen Kriterien (Herzschlagfrequenz und Atmungsbeginn) berücksichtigt. Dazu

Tabelle 2: Schematische Darstellung des APGAR-Score-Systems

Kriterium	Beurteilungspunkte	
	0	1 2
Herzschlag	kein wahrnehmbarer Herzschlag	<100 Schläge/Min. 100-140 Schläge/Min.
Einsetzen der Atmung	60 Sek.p.p. noch keine Atmung	unregelmässige, flache Atmung normale Atmung und kräftiges Schreien
Reflexauslösung	je nach Intensität der Reizantwort auf bestimmte Berührungen	
Muskeltonus	Kind "schlaff"	"Zwischenstadium" spontan gebeugte Extremitäten, die sich passiver Streckung widersetzen
Farbe	je nach Stärke der zyanotischen Verfärbung der Haut	

kommt die Schwierigkeit z.B. ein mit Vernix caseosa bedecktes und/oder farbiges Kind korrekt zu beurteilen.

Durch ihre Untersuchungen kommt APGAR (1953) zu dem Schluß, daß Kinder mit 8, 9 und 10 Punkten als lebensfrisch, Kinder mit 0, 1 und 2 Punkten als sehr gefährdet, und Kinder mit 3 bis 7 Punkten als gefährdet angesehen werden müssen.

Die Beurteilung von neugeborenen Kindern mit dem "Apgar Score" ist hier so ausführlich wiedergegeben, da das in den eigenen Untersuchungen angewendete Beurteilungsschema von MÜLLING für das Kalb (1976) darauf basiert.

SALING (1965) hat ein anderes Punkteschema zur Zustandsdiagnose des Neugeborenen eingeführt, weil nach seinen Untersuchungen z.B. zwischen Herzschlagfrequenz und pH-Wert praktisch keine Korrelation gegeben ist.

Das Punkteschema nach SALING läßt daher die Beurteilung der Herzschlagfrequenz und der Reflexe außer acht und führt statt dessen die Beurteilung des Nabelschnurfüllungszustandes ein. SALING bewertet somit Hautfarbe (am Rumpf), Tonus und Bewegungen, Atmung bis zu 1,5 Min.p.p. und Nabelschnurfüllungszustand.

BRETSCHER und SALING (1967) untersuchten die Beziehungen zwischen Säure-Basen-Haushalt und klinischem Zustand des Neugeborenen auf der Basis des Punkteschemas von SALING und faßten ihre Ergebnisse so zusammen: je schlechter der klinische Zustand des Neugeborenen ist, umso höher ist die H^+ -Ionen-Konzentration im Blut.

SOERGEL et al. (1970) verglichen den klinischen Status praesens, die postpartale Blutgasanalyse des Neugeborenen und den Apgar-Wert miteinander und stellen fest, daß erst ab Apgar 7 eine Korrelation zwischen klinischem Zustand und Säure-Basen-Haushalt besteht. Sie schlagen gleichzeitig einen anderen, den "10-Punkte-Vitalitäts-Index" vor, der von dem Apgar-System insofern abweicht, als statt des Reflex-Testes, den sie für überflüssig halten, weil im wesentlichen

mit dem Tonus übereinstimmend, die Bewertung der Nabelschnur (schlaff - geringer Turgor - prall) eingeführt wird.

ROEMER et al. (1974) untersuchten auch die Korrelation der Apgar-Zahl mit dem Säure-Basen-Haushalt und den klinischen Parametern. Sie kommen zu folgenden Ergebnissen:

- 1) Mit sinkender Apgar-Zahl (1 Min. p.p.) fallen die pH-Mittelwerte im Nabelschnur-Arterienblut linear ab.
- 2) Die Färbung der Haut korreliert am besten mit der Azidämie im Nabelschnur-Blut, gefolgt von der Atmung, dem Reflexverhalten, dem Tonus und der Herzschlagfrequenz des Neugeborenen.
- 3) Die Herzschlagfrequenz zeigt eine auffallend schlechte Korrelation mit dem aktuellen pH-Wert und stört den Gesamt-Index.

ISSEL et al. (1976) untersuchten die Zusammenhänge zwischen dem Apgar-Wert von 1 Min.p.p. und der prognostischen Bedeutung für den Verlauf der Neonatalperiode. Sie fanden klinisch bedeutungsvolle Zusammenhänge zwischen Apgar-Wert und Hautblässe, Zyanose, Atmungstyp, Stridor, Körperhaltung, Zeit bis zum ersten Schrei, pathologischem Röntgenbefund der Lunge, Notwendigkeit einer Puffertherapie und Sauerstofftherapie sowie neonataler Sterblichkeit.

Die Autoren weisen ferner auf den Umstand hin, daß z.T. untergewichtige Neugeborene 3 - 4 Mal häufiger pathologische Symptome bzw. Befunde zeigen als normalgewichtige.

Nach ihren Untersuchungen zeigt sich, daß alle Parameter, die klinisch einen Zusammenhang mit der Atmungsfunktion aufwiesen, als statistisch signifikant und relevant zum Apgar-Wert 1 Min.p.p. korreliert sind, während Beziehungen zwischen Apgar-Wert und einer Reihe von Reflexen nicht oder nicht eindeutig gefunden wurden. Dies ist für die Bewertung mit dem Apgar-System deswegen bedeutsam, da sowohl die Atemfunktion mit 2 Kriterien (Atmung und Hautfarbe) als auch die überwiegend als neurologisch anzusehenden Parameter mit 2

Kriterien (Muskeltonus und Reflexerregbarkeit) in den Apgar-Wert 1 Min.p.p. eingehen.

WEBER (1980) findet in seiner Untersuchung eine hohe Korrelation zwischen hohem Apgar-Wert (9-10) und normaler Herz-tätigkeit bzw. normalem pH-Wert (unterste Grenze 7,2).

KERPEL-FRONIUS (1972) gibt zu bedenken, daß die Beziehungen zwischen klinischem Bild und Schwere der Azidose nicht direkt proportional sind, da die Azidose nur eine der vielfachen, gleichzeitig sich vollziehenden Veränderungen in der Körperflüssigkeit darstellt. Es gibt aber doch approximative Beziehungen zwischen pH-Wert und klinischen Symptomen beim Neugeborenen. Die Zone der unmittelbaren Lebensgefahr beginnt beim Neugeborenen etwa bei einem pH-Wert von 7,0, doch gibt es bei rascher und energischer Behandlung noch Hoffnung bis zu einem pH-Wert von 6,75.

KERPEL-FRONIUS (1972) weist ferner auf die Entstehung einer "späten" Azidose hin, die dadurch zustandekommt, daß die exkretorische Fähigkeit unreifer Nieren mit der Menge der im Organismus gebildeten H^+ -Ionen nicht Schritt halten kann (siehe Tab. 3).

Tabelle 3: Vereinfachtes Schema nach KERPEL-FRONIUS (1972) über die approximativen Beziehungen zwischen pH-Wert und klinischen Symptomen.

pH-Wert	klinische Symptome
7,2	Große Atmung
7,0	Bewußtseinstrübung
6,9	Myokardiale Störungen (Tierversuch)
6,9	Volumen der großen Atmung abnehmend
6,75	Grenzwert der Reversibilität
6,6	EEG-Potentiale verschwinden (Tierversuch)
6,46	niedrigster praemortal registrierter Wert (Mensch)

Zuletzt sollen drei Arbeiten über die Normalwerte von Blutgas- und Säure-Basen-Verhältnissen beim Säugling angeführt werden, so daß später ein Vergleich der Verhältnisse bei Kälbern und bei Ferkeln möglich ist (Tab. 5-11 S.28-35).

Nach FISCHER und TOUSSAINT (1963) liegt der pH-Wert im Kapillarblut im Augenblick der Geburt weit unter dem Wert der Erwachsenen ($\bar{7},19 \pm 0,03$). In den darauf folgenden Minuten verstärkt sich diese Azidose noch, so daß durchschnittlich 2 Min. nach der Geburt ein pH-Minimum von $7,00 \pm 0,05$ erreicht ist. Bis zum Ende der 2. Lebensstunde erfolgt dann ein kontinuierlicher Anstieg des pH-Wertes. Der Endwert liegt bei 7,35 und wird innerhalb von 24 Stunden p.p. erreicht.

Der pCO_2 im Kapillarblut steigt in den ersten 3 Min. p.p. auf durchschnittlich $68,2 \pm 8,7$ mmHg an und fällt dann innerhalb der nächsten 30 Min. auf den Wert bei der Geburt von $42,3 \pm 2,9$ mmHg zurück.

Im Kapillarblut des Neugeborenen herrscht zur Zeit der Geburt ein Basendefizit von $-12,2 \pm 1,0$ mmol/l, das etwa 2 Min. p.p. am größten ist ($-19,3 \pm 3,6$ mmol/l). Noch 2 Stunden p.p. befindet sich das Neugeborene mit einem Wert von $-8,8 \pm 0,8$ mmol/l im Basen-Mangelzustand, d.h. einer reinen, nur zum Teil kompensierten metabolischen Azidose.

BERG und DÖRRLER (1969) und BEUTNAGEL et al. (1971) erhalten in ihren Untersuchungen im arteriellen Blut ähnliche Ergebnisse und finden weiterhin, daß der kindliche Säure-Basen-Haushalt am Ende des ersten Lebenstages weitgehend dem des Erwachsenen entspricht, wobei allerdings der pCO_2 etwas niedriger und das Basendefizit etwas größer ist.

BEUTNAGEL et al. (1971) bestätigen insbesondere die bekannte postpartale respiratorisch-metabolische Azidose, deren respiratorische Komponente überwiegend durch Hyperventilation in den ersten 15 Min. p.p. rasch, deren metabolische Komponente in den folgenden Stunden des 1. Lebenstages dagegen nur relativ langsam kompensiert wird. Daß diese Kompen-

sation auch nach Ablauf des 1. Lebenstages noch nicht als abgeschlossen gelten kann, läßt sich aus den Werten in den Tabellen 5-11 (S.28-35) entnehmen.

2.5 Perinatale Untersuchungen bei Tieren

Nicht nur in der Humanmedizin, sondern auch in der Veterinärmedizin hat sich die Bewertung des klinischen Zustandes von Neugeborenen nach Punkten als nützlich erwiesen, um eine eventuelle Asphyxie frühzeitig zu erkennen. Asphyxie bedeutet wörtlich übersetzt "Pulslosigkeit" und ist deswegen sprachlich falsch.

Vielmehr versteht man darunter einen Zustand der "Erstikung" des Neugeborenen, klinisch gekennzeichnet durch eine gestörte oder fehlende Atemtätigkeit, eine beeinträchtigte Herz- und Kreislauffunktion und eine herabgesetzte Funktion des zentralen Nervensystems mit verminderter Motilität, einem verminderten Muskeltonus und herabgesetzter Reflexe-auslösbarkeit. Als Ursache dieses lebensgefährdenden Zustandes ist der Sauerstoffmangel anzusehen (WALSER und MAURER-SCHWEIZER, 1978).

MÜLLING (1976) schlägt einen modifizierten Apgar Score für die Veterinärmedizin vor, bei dem die Herzfrequenz außer acht gelassen wird und statt der Hautfärbung, deren Beurteilung beim Tier (außer bei den meisten Ferkeln) nicht exakt möglich ist, die Durchblutung der Schleimhäute beurteilt wird. Weiter zählt er die Gründe auf, die beim Kalb zu einer Asphyxie mit Störungen des Säure-Basen-Haushaltes in Richtung auf eine mehr oder weniger ausgeprägte Azidose führen; es sind dies insbesondere: Geburtsverzögerungen, Nabelschnurkomplikationen, Geburtsverletzungen, übermäßig starke Wehentätigkeit und Plazentainsuffizienz.

MAURER-SCHWEIZER und WALSER (1977) verwenden für die Beurteilung des Zustandes von neugeborenen Kälbern 1 Min. p.p.

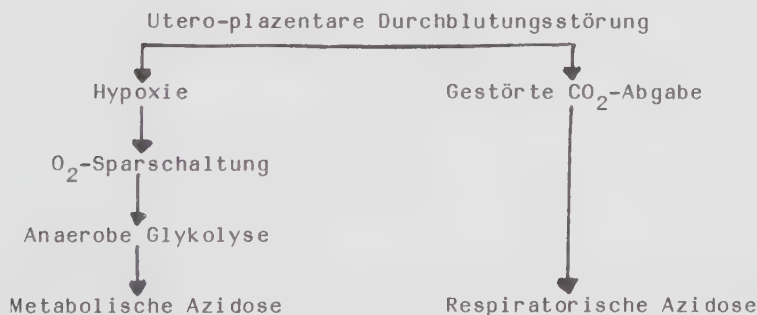
eine andere Modifikation des Apgar Scores, wobei sie die Parameter Herzschlagfrequenz, Atmung, Muskeltonus und Bewegungen sowie Reflexerregbarkeit heranziehen.

Tabelle 4: Überblick über die Beurteilungsschemata verschiedener Autoren für den klinischen Zustand beim neugeborenen Kind und beim Kalb.

Kind		Kalb	
APGAR	SALING	MAURER-SCHWEIZER und WALSER	MÜLLING
Herzfrequenz	_____	Herzfrequenz	_____
Atmung	Atmung	Atmung	Atmung
Muskeltonus und Bewegung	Muskeltonus und Bewegung	Muskeltonus und Bewegung	Muskeltonus und Bewegung
Reflex- erregbarkeit	_____	Reflex- erregbarkeit	Reflex- erregbarkeit
Hautfarbe	Hautfarbe	_____	_____
_____	Nabelschnur- füllungs- zustand	_____	_____
_____	_____	_____	Schleimhaut- farbe

WALSER und MAURER-SCHWEIZER (1978) stellen weitere Gründe der Entstehung und den Krankheitsablauf der Geburtsazidose beim Kalb dar. Danach kommen selbst lebensfrische Neugeborene nach ungestörtem Geburtsverlauf in einem präazidotischen Zustand zur Welt. Es liegt dann eine leichte gemischt respiratorisch-metabolische Azidose vor, die als physiologisch angesehen werden kann. Ausgelöst wird diese von der durch die Wehentätigkeit bedingte utero-plazentare Durchblutungsstörung, die einerseits über eine Hypoxie und eine anaerobe Glykolyse zur metabolischen Azidose und andererseits durch die gestörte CO_2 -Abgabe zur respiratorischen Azidose führt.

Abbildung 1: Entstehung der gemischt respiratorisch-metabolischen Azidose
(WALSER u. MAURER-SCHWEIZER, 1978)



Der Grad der Azidose entscheidet über die Lebensfähigkeit der Frucht, weil bei hochgradiger Azidose lebenswichtige Zellfunktionen nicht mehr ablaufen können. Der unterste Wert, bei dem eine Lebensfähigkeit noch erwartet werden kann, liegt bei einem pH-Wert von etwa 6,70.

Der erste Untersucher, der sich eingehend mit dem Säure-Basen- und Elektrolyt-Haushalt sowie deren Verhalten bei

normalen Kälbern während der Neonatalperiode beschäftigt hat, war MOORE (1969). Er stellt fest, daß alle per vias naturales geborenen Kälber eine gemischt respiratorisch-metabolische Azidose post partum aufweisen.

Schon 1972 untersuchten MÜLLING et al. die aktuellen pH-Werte im venösen Blut neugeborener lebensfrischer und hypoxischer Kälber und ihrer Muttertiere. Sie finden bei den Muttertieren unmittelbar p.p. pH-Mittelwerte von 7,442. Die pH-Mittelwerte der normalen Kälber fallen zwischen dem Meßzeitpunkt unmittelbar p.p. und 10 Min.p.p. von 7,287 auf 7,262 ab, danach steigen diese Werte auf 7,406 (24 Std. p.p.) an.

Bei den asphyktischen Kälbern wird erwartungsgemäß eine deutliche Azidose festgestellt. Die unmittelbar p.p. gemessenen pH-Werte liegen zwischen 6,880 und 7,198. Unter den verschiedenen Therapieverfahren, vor allem aber nach intravenösen Natriumbikarbonatgaben, wird bei den meisten Kälbern ein deutlicher und schneller Anstieg der Werte ersichtlich. Bei den verendeten Kälbern liegen die pH-Werte z.Z. des Todeseintritts in jedem Fall unter 7,0.

AMMAN et al. (1974) untersuchten die Blutgas- und Säure-Basen-Verhältnisse im Blut aus den Nabelgefäßen und der Vena jugularis bei 43 lebensfrischen und asphyktischen, durch sectio caesarea entwickelten Kälbern vor und nach der Geburt. Sie kommen zu dem Ergebnis, daß ausgeglichene Säure-Basen-Verhältnisse nur bei normalen, d.h. lebensfrischen Kälbern vor der Geburt beobachtet werden können, und daß eine leichte Azidose auch bei normalen Kälbern in der frühen postnatalen Phase festgestellt werden kann. Kälber, die mit leichter Asphyxie geboren wurden, zeigten schon pränatal gegenüber normalen Tieren deutlich erniedrigte pH- und Bikarbonatwerte. Postnatal hatten diese Tiere eine viel stärker ausgeprägte Azidose als normale Kälber, jedoch war der Unterschied zu diesen schon nach 30 Min. nicht mehr signifikant.

EICHLER-STEINHAUFF (1977), der die Blutgasverhältnisse von Kälbern während des Geburtsablaufes untersuchte, stellt allgemein fest, daß während der Austreibungsphase bei seinen Versuchen der Verlauf der pH-Werte in Richtung geringerer, die $p\text{CO}_2$ -Werte in Richtung höherer Werte und die $p\text{O}_2$ -Werte in keine eindeutige Richtung zeigen.

Die größten pH-Abweichungen vom Normalwert betragen in den letzten Minuten vor der Abnabelung bis zu -0,151 pH-Einheiten.

Für den in der Vena jugularis gemessenen $p\text{CO}_2$ -Wert gibt EICHLER-STEINHAUFF zu bedenken, daß dieser Wert nur im Normalfall über Veränderungen im plazentaren CO_2 -Austausch eine verlässliche Auskunft gibt, während bei Mangelsituationen dieser Wert nur im Zusammenhang mit anderen gemessenen Parametern gesehen werden sollte. Der $p\text{CO}_2$ nimmt ab 30 Min. ante partum ständig zu.

WAIZENHÖFER (1977) untersucht an 70 neugeborenen schwarz-bunten Kälbern das Verhalten von pH, $p\text{O}_2$ und $p\text{CO}_2$ im venösen, kapillären und arteriellen Blut. Er stellt dabei folgendes fest: der sehr niedrige pH-Wert (Medianwert 7,280) unmittelbar nach der Geburt sinkt in den ersten Lebensminuten noch weiter ab. 30 Min. p.p. erfolgt ein Anstieg der Werte und die Medianwerte liegen 24 Stunden p.p. über 7,400.

Die Medianwerte der $p\text{O}_2$ -Werte zeigen, von den Werten unmittelbar post partum ausgehend, eine ansteigende Tendenz. Die unmittelbar p.p. bestehende Hyperkapnie, mit $p\text{CO}_2$ -Werten über 53 mmHg, hat sich nach 24 Stunden normalisiert.

MAURER-SCHWEIZER et al. (1977a und b) sowie MAURER-SCHWEIZER und WALSER (1977) untersuchten (in 3 von einander unabhängigen Arbeiten) die Blutgase und den Säure-Basen-Haushalt; a) bei lebensfrischen Kälbern in den ersten 24 Lebensstunden, b) bei lebensfrischen Kaiserschnittkälbern in den ersten 24 Lebensstunden sowie c) bei asphyktischen Kaiserschnittkälbern.

Die Autoren finden übereinstimmend folgendes: lebensfri-

sche per vias naturales geborene Kälber werden mit einer leichten gemischt respiratorisch-metabolischen Azidose geboren. Die Kompensation der metabolischen Azidose erfolgt bereits nach 1 Stunde, die der respiratorischen Azidose ist nach 24 Stunden noch nicht völlig abgeschlossen.

Lebensfrische, durch sectio caesarea entwickelte Kälber, kommen ebenso wie per vias naturales geborene lebensfrische Kälber mit einer leichten, gemischt respiratorisch-metabolischen Azidose zur Welt. Die Normalisierung des pH-Wertes erfolgt bis 10 Stunden p.p. Basenabweichung und Standardbikarbonat sind bereits zwischen 1 bis 2 Stunden p.p. im Normalbereich.

Die Werte für pO_2 , pCO_2 und die Sauerstoffsättigung liegen dagegen noch nach 24 Lebensstunden außerhalb der Norm. Bei Kaiserschnittkälbern wird die bei Geburt bestehende respiratorisch-metabolische Azidose postnatal durch eine rein respiratorische Azidose überlagert (pH-Wert erniedrigt pCO_2 erhöht). Eine mögliche Ursache dafür ist die Behinderung des pulmonalen Gasaustausches durch das in den Atemwegen verbliebene Fruchtwasser.

Asphyktische, durch sectio caesarea entwickelte Kälber werden mit einer ausgeprägten gemischt respiratorisch-metabolischen Azidose geboren. Die Normalisierung des metabolischen Teils dieser Azidose tritt nach 6 Stunden p.p. ein (bei normalen Kälbern nach 1 Std. p.p., bei Kaiserschnittkälbern nach 1 bis 2 Std. p.p.), während der respiratorische Teil der Azidose nach 24 Stunden noch nicht völlig beseitigt ist.

PETSCHENIG (1978) und SCHLERKA et al. (1979) stellen die Werte der Blutgase und des Säure-Basen-Haushaltes im venösen Blut von 22 normalen und 5 asphyktischen per vias naturales entwickelten Kälbern gegenüber. Sie finden ein Bestehenbleiben der respiratorischen Azidose bis zu 24 Std. p.p. Die Kompensation der metabolischen Azidose tritt bei den lebensfrischen Tieren 1 Std. p.p. ein, während sie bei den asphyk-

tischen Tieren ca. 24 Stunden später eintritt. Die pH-Werte der lebensfrischen Kälber haben sich nach 8 bzw. die der asphyktischen Kälber erst nach 24 Std. normalisiert. Eine Normalisierung der Werte aller Kälber tritt nach 48 Std. ein.

WAIZENHÖFER und MÜLLING (1978b) finden bei 24 normalen Kälbern im venösen Blut innerhalb von 24 Stunden p.p. einen Anstieg der medianen pH- Werte von 7,209 auf 7,372.

MÜLLING et al. (1979) bestimmen u.a. die pH-Werte bei 20 Kälbern während und unmittelbar nach der Geburt. Danach fällt der pH-Wert nach Beginn der Austreibungsphase von 7,924 (70 Min. a.p.) auf 7,269 (unmittelbar vor der Abnabelung). Gleich nach der Geburt ist der Medianwert auf 7,241 abgesunken, dieser Wert entspricht den Werten anderer Untersucher für den pH-Wert unmittelbar nach der Geburt (MAURER-SCHWEIZER u. WALSER 1977; MÜLLING et al. 1972).

KÖPPE (1980) untersucht die Blutgas- und Säure-Basen-Werte bei vorzeitig und termingerecht entwickelten Kälbern. Hierbei zeigt sich, daß bei vorzeitig entwickelten Kälbern unmittelbar p.p. ausgewogenere Säure-Basen-Werte vorhanden sind als bei termingerecht durch Kaiserschnitt oder Auszug entwickelten Kälbern. Eine Stunde p.p. verschlechterten sich die Werte der vorzeitig entwickelten Kälber jedoch stark im Vergleich zu den termingerecht geborenen Tieren. 12 und 24 Std. p.p. haben sich die Werte denen der termingerecht geborenen Kälber noch nicht angeglichen.

ROSSDALE (1968) untersuchte die arteriellen und venösen Blutgas- und pH-Werte bei lebensfrischen Vollblutfohlen zum Zeitpunkt der Geburt und in den folgenden 42 Stunden. Die von dem Autor ermittelten pH- und $p\text{CO}_2$ -Werte im Nabelarterienblut zeigen, daß auch das Fohlen einer Azidose mit metabolischen und respiratorischen Komponenten während der letzten Phase der Geburt ausgesetzt ist. Es wird eine Verbesserung in Richtung Erwachsenenwerte im peripher-arteriellen Blut während der ersten Lebensstunde beobachtet.

In einer anderen Arbeit gibt ROSSDALE (1972) an, daß der Normalwert des pH im venösen Blut beim Fohlen gleich nach der Geburt 7,150 - 7,250 beträgt, um auf etwa 7,350 nach 24 Stunden zu steigen. Die O_2 -Spannung im arteriellen Blut steigt von 20 mmHg (regelmäßige Atmung noch nicht eingesetzt) auf 90 mmHg am 3. Lebenstag. Aber Werte zwischen 70 und 90 mmHg werden auch bei normalen Fohlen gefunden. Die CO_2 -Spannung fällt von 60 mmHg auf 45 mmHg zwischen Geburt und 24 Std. p.p. Sie ist erhöht (>70 mmHg) in Fällen von respiratorischen Störungen und erniedrigt (≤ 30 mmHg) bei metabolischer Azidose und bei nicht normal funktionierender Atmung.

Die Zusammenhänge zwischen den arteriellen pH- und pCO_2 -Werten und der Vitalität neugeborener Ferkel sowie pH-Werte und Blutgasspannung normaler Ferkel innerhalb der ersten 48 Lebensstunden hat RANDALL (1971, 1972) untersucht. Er findet pH-Werte zwischen 6,50 und 6,95 und pCO_2 -Werte zwischen 105 und 185 mmHg bei schwer asphyktischen Ferkeln bzw. pH-Werte von 7,10 bis 7,42 und pCO_2 -Werte von 46 bis 75 mmHg bei den lebensfrischen Ferkeln.

Nach WILHELM (1975) und WILHELM et al. (1976) weichen die gefundenen Werte und die Dauer bis zur Normalisierung der Blutgase und des Säure-Basen-Haushaltes beim neugeborenen Ferkel nur gering von den Verhältnissen beim Kalb ab; Ferkel werden ebenfalls mit einer gemischt respiratorisch-metabolischen Azidose geboren. Die metabolische Azidose erfährt bis 10 Min. p.p. eine Verstärkung, während der respiratorische Anteil eine rasche Normalisierung zeigt. Die respiratorische Adaptation ist nach einer Stunde, die metabolische nach 2 Stunden abgeschlossen. Nach 24 Stunden bewegen sich die Werte innerhalb physiologischer Grenzen.

In einer weiteren Arbeit von WILHELM et al. (1978) wird der Einfluß der Austreibungsdauer auf den Säure-Basen-Haushalt der neugeborenen Ferkel in den ersten 24 Lebensstunden aufgezeigt. Dazu teilen die Autoren die untersuchten Ferkel

in 3 Gruppen auf:

Gruppe 1: bis 9 Min. Austreibungsdauer

Gruppe 2: 10 bis 30 Min. Austreibungsdauer

Gruppe 3: mehr als 30 Min. Austreibungsdauer

Die Werte der Ferkel aus den Gruppen 1 und 2 weisen keine signifikanten Unterschiede auf. Die Werte für die metabolischen Parameter lassen erkennen, daß die Ferkel der Gruppe 3 einer stärkeren metabolischen Belastung ausgesetzt sind als die Ferkel der Gruppen 1 und 2.

Respiratorische Einflüsse scheinen keine Rolle zu spielen, da die CO_2 - und O_2 -Spannung der Ferkel aller drei Gruppen keine statistisch signifikanten Unterschiede aufweisen. Alle abweichenden Werte der Ferkel aus Gruppe 3 normalisieren sich jedoch innerhalb der ersten Lebensstunden, so daß WILHELM et al. (1978) auch bei diesen Ferkeln von einer physiologischen Azidose unmittelbar p.p. sprechen.

SCHIRUTSCHKE (1977) untersuchte die Blutgas- und Säure-Basen-Verhältnisse bei frühgeborenen Ferkeln während der ersten beiden Lebenstage. Danach werden frühgeborene Ferkel genauso wie ausgetragene mit einer gemischt respiratorisch-metabolischen Azidose geboren. Während bei normalgeborenen Ferkeln die respiratorische Adaptation nach einer Stunde und die metabolische nach zwei Stunden abgeschlossen ist, ist die Azidose bei frühgeborenen Ferkeln stärker ausgeprägt und hält länger an. Bei Ferkeln, die nur 3 Tage zu früh geboren werden, ist die respiratorische Azidose wie bei den normalgeborenen nach einer Stunde p.p. abgeklungen, dagegen ist bei Ferkeln, die 5 Tage zu früh geboren werden, die Azidose erst 24 Stunden p.p. kompensiert.

Erläuterung zu den Tabellen 5 - 12:

$\bar{x}$ = arithmetisches Mittel

x = Medianwert

v = venöses Blut

a = arterielles Blut

k = kapilläres Blut

K = durch Kaiserschnitt geboren

N = Normalgeburt

Die in Tabelle 5 - 12 in Klammern stehenden Zahlen bezeichnen die im folgenden angeführten Nummern der Autoren, die die bei den jeweiligen Meßzeitpunkten angegebenen Blutgehalte ermittelt haben:

- 1 : MOORE (1969); $\bar{x}$, v, N
- 2 : MÜLLING et al. (1972); $\bar{x}$, v, N
- 3 : AMMAN et al. (1974); $\bar{x}$, v, K
- 4 : MAURER-SCHWEIZER et al. (1977a); $\bar{x}$, v, N
- 5 : MAURER-SCHWEIZER et al. (1977b); $\bar{x}$, v, K
- 6 : MAURER-SCHWEIZER und WALSER (1977); $\bar{x}$, v, K
- 7 : PETSCHENIG (1978); $\bar{x}$, v, N
- 8 : WAIZENHÜFER et al. (1978); x, v, N
- 9 : MÜLLING et al. (1979); x, v, N
- 10 : KÖPPE (1978); $\bar{x}$, v, N, K
- 11 : RANDALL (1971); $\bar{x}$, a, N
- 12 : WILHELM et al. (1978); $\bar{x}$, v, N
- 13 : BRENNER und GÜRTLER (1977); $\bar{x}$, v, N
- 14 : FISCHER und TOUSSAINT (1963); $\bar{x}$, k, N
- 15 : BERG und DÖRRLER (1969); $\bar{x}$, a, N
- 16 : BEUTNAGEL et al. (1971); $\bar{x}$, a, N

Tabelle 5: Zusammenstellung der Literaturangaben über die pH-Werte von der Geburt bis zum Alter von zwei Tagen bei "lebensfrischen" und "asphyktischen" Kälbern sowie bei Ferkeln und bei Kindern.

Zeit p.p.	Kalb lebensfrisch	Kalb asphyktisch	Ferkel	Kind
0 Min.	7,204 bis 7,30 (1,2,3,4,5,7, 8,9,10)	6,84 bis 7,146 (2,3,6,7,10) 7,330 (13)	6,69 bis 7,31 (11) 7,253 (12)	7,19 (14) 7,164 (15)
3-5 Min.	-	-	-	7,08 (14) 7,145 (15)
10 Min.	7,192 bis 7,262 (2,4,5)	6,998 (6)	7,225 (12)	7,09 (14) 7,185 (15)
15 Min.	7,251 (7)	7,113 (7)	-	7,241 (15) 7,246 (16)
30 Min.	7,284 bis 7,31 (2,3,7)	6,74 bis 7,23 (3) 7,139 (7)	-	7,17 (14) 7,277 (15)
60 Min.	7,213 bis 7,34 (1,2,4,5,7,10)	7,091 bis 7,22 (6,7,10)	7,313 (12)	7,23 (14) 7,277 (15)
2 Std.	7,280 (4) 7,319 (5)	7,177 (6)	7,360 (12)	7,28 (14) 7,356 (15)
4 Std.	7,321 bis 7,356 (4,5,7)	7,265 (7) 7,236 (6)	7,387 (12)	7,366 (15)
6 Std.	7,322 (4) 7,351 (5)	7,264 (6)	7,390 (12)	7,364 (15) 7,336 (16)
12 Std.	7,316 bis 7,396 (4,5,8,10)	7,322 (10) 7,368 (6)	-	7,421 (15)
24 Std.	7,355 bis 7,422 (1,2,4,5,7,8, 10)	7,376 (10) 7,386 (6)	7,388 (12)	7,425 (15) 7,367 (16)
2 Tage	7,387 (7)	7,393 (7)	-	-

Tabelle 6: Zusammenstellung der Literaturangaben über die $p\text{CO}_2$ -Werte (mmHg) von der Geburt bis zum Alter von zwei Tagen bei "lebensfrischen" und "asphyktischen" Kälbern sowie bei Ferkeln und bei Kindern.

Zeit p.p.	Kalb lebensfrisch	Kalb asphyktisch	Ferkel	Kind
0 Min.	53,4 bis 66,6 (3,4,5,7,8,10)	46,0 bis 91,0 (3,6,7,10)	60,7 (12) 156,4 bis 58,8 (11) 53,0 (13)	42,3 (14) 64,9 (15) 58,75 (16)
3-5 Min.	-	-	-	68,2 bis 50,8 (14) 65,9 (15)
10 Min.	63,0 (4) 66,8 (5)	69,6 (6)	55,5 (12)	58,0 (14) 51,4 (15)
15 Min.	57,14 (7)	59,6 (7)	-	48,3 (14) 43,7 (15) 37,91 (16)
30 Min.	55,1 (3) 53,75 (7)	48,0 bis 93,0 (3) 62,7 (7)	-	43,0 (14) 40,5 (15)
60 Min.	59,1 bis 63,3 (4,5,7,10)	54,8 bis 63,1 (6,7,10)	48,0 (12)	40,8 (14) 39,5 (15) 35,55 (16)
2 Std.	55,6 (4) 59,0 (5)	59,4 (6)	46,6 (12)	35,5 (14) 41,0 (15)
4 Std.	47,43 bis 55,5 (4,5,7,9)	46,3 (7) 58,1 (6)	44,9 (12)	36,1 (15)
6 Std.	51,7 (4) 57,2 (5)	59,6 (6)	44,5 (12)	39,2 (15) 34,94 (16)
12 Std.	48,1 bis 56,1 (4,5,8,10)	54,0 (10) 52,1 (6)	-	32,3 (15)
24 Std.	47,3 bis 52,0 (4,5,7,8,10)	40,5 bis 52,0 (6,7,10)	44,3 (12)	33,6 (15) 33,63 (16)
2 Tage	44,55 (7)	42,3 (7)	-	-

Tabelle 7: Zusammenstellung der Literaturangaben über die SBC-Werte (mmol/l) von der Geburt bis zum Alter von zwei Tagen bei "lebensfrischen" und "asphyktischen" Kälbern sowie bei Ferkeln und bei Kindern.

Zeit p.p.	Kalb lebensfrisch	Kalb asphyktisch	Ferkel	Kind
0 Min.	19,87 bis 21,9 (4,5,7,10)	12,6 bis 18,0 (6,7,10)	21,0 (12) 24,8 (13)	19,1 (15) 14,41 (16)
3-5 Min.	-	-	-	15,7 (15)
10 Min.	21,2 (4) 20,8 (5)	13,5 (6)	19,3 (12)	16,3 (15)
15 Min.	20,33 (7)	14,6 (7)	-	17,5 (15) 16,07 (16)
30 Min.	21,28 (7)	16,0 (7)	-	18,1 (15)
60 Min.	20,3 bis 23,7 (4,5,7,10)	15,4 bis 18,5 (6,7,10)	22,5 (12)	20,1 (15) 17,97 (16)
2 Std.	24,8 (4) 23,4 (5)	18,6 (6)	24,4 (12)	22,1 (15)
4 Std.	23,51 bis 24,9 (4,5,7)	19,4 (7) 21,1 (6)	25,2 (12)	21,5 (15)
6 Std.	25,3 (4) 25,4 (5)	23,0 (6)	24,7 (12)	22,0 (15) 19,15 (16)
12 Std.	24,2 bis 26,8 (4,5,10)	24,0 (10) 26,6 (6)	-	22,7 (15)
24 Std.	25,79 bis 27,3 (4,5,7,10)	23,4 bis 26,4 (6,7,10)	25,4 (12)	23,6 (15) 20,07 (16)
2 Tage	24,88 (7)	24,5 (7)	-	-

Tabelle 8: Zusammenstellung der Literaturangaben über die BE-Werte (mmol/l) von der Geburt bis zum Alter von zwei Tagen bei "lebensfrischen" und "asphyktischen" Kälbern sowie bei Ferkeln und bei Kindern.

Zeit p.p.	Kalb lebensfrisch	Kalb asphyktisch	Ferkel	Kind
0 Min.	-3,86 bis -3,08 (4,5,7,10)	-13,92 (7) -10,6 (6) -6,0 (10)	-3,9 (12) 1,0 (13)	-12,2 (14) -9,4 (15) -11,52 (16)
3-5 Min.	-	-	-	-13,5 bis -16,3 (14) -11,7 (2)
10 Min.	-4,04 (4) -4,43 (5)	-15,4 (6)	-6,2 (12)	-13,5 (14) -10,7 (15)
15 Min.	-3,47 (7)	-11,78 (7)	-	-15,5 (14) -9,1 (15)
30 Min.	-2,45 (7)	-9,44 (7)	-	-13,7 (14) -8,0 (15)
60 Min.	-3,3 bis -0,68 (4,5,7,10)	-12,3 bis -6,3 (6,7,10)	-2,3 (12)	-10,9 (14) -6,0 (15)
2 Std.	0,88 (4) -0,82 (5)	-7,4 (6)	0,1 (12)	-8,8 (14) -2,8 (15)
4 Std.	0,21 bis 1,0 (4,5,7)	-4,8 (7) -3,9 (6)	0,9 (12)	-3,5 (15)
6 Std.	1,55 (4) 1,65 (5)	-1,5 (6)	0,5 (12)	-3,0 (15) -5,91 (16)
12 Std.	1,2 bis 3,41 (4,5,10)	0,8 (10) 3,2 (6)	-	-
24 Std.	2,61 bis 3,97 (4,5,7,10)	-0,52 bis 3,1 (6,7,10)	0,9 (12)	-0,9 (15) -4,69 (16)
2 Tage	1,23 (7)	0,66 (7)	-	-

Tabelle 9: Zusammenstellung der Literaturangaben über die pO_2 -Werte (mmHg) von der Geburt bis zum Alter von zwei Tagen bei "lebensfrischen" und "asphyktischen" Kälbern sowie bei Ferkeln und bei Kindern.

Zeit p.p.	Kalb lebensfrisch	Kalb asphyktisch	Ferkel	Kind
0 Min.	19,0 bis 26,7 (1,4,5,7,8,10)	18,0 bis 27,8 (6,7,10)	28,5 (12)	14,3 (15) 29,57 (16)
3-5 Min.	-	-	-	31,6 (15)
10 Min.	29,8 (4) 27,1 (5)	35,7 (6)	27,7 (12)	48,4 (15)
15 Min.	28,61 (7)	31,3 (7)	-	51,8 (15) 53,46 (16)
30 Min.	30,76 (7)	27,7 (6)	-	55,1 (15)
60 Min.	27,2 bis 29,14 (4,5,7,10)	25,2 bis 31,7 (6,7,10)	27,5 (12)	56,5 (15) 63,14 (16)
2 Std.	29,1 (4) 29,4 (5)	30,6 (6)	26,7 (12)	59,4 (15)
4 Std.	30,8 bis 31,3 (4,5,7)	27,7 (7) 32,2 (6)	27,2 (12)	55,7 (15)
6 Std.	32,4 (4) 30,2 (5)	32,2 (6)	26,2 (12)	59,7 (15) 67,37 (16)
12 Std.	25,4 bis 35,7 (4,5,8,10)	26,7 (10) 32,5 (6)	-	64,5 (15)
24 Std.	25,2 bis 34,19 (4,5,7,8,10)	24,8 bis 31,7 (6,7,10)	26,2 (12)	61,9 (15) 63,27 (16)
2 Tage	33,34 (7)	41,6 (7)	-	-

Tabelle 10: Zusammenstellung der Literaturangaben über die SAT-Werte (%) von der Geburt bis zum Alter von zwei Tagen bei "lebensfrischen" und "asphyktischen" Kälbern sowie bei Kindern.

Zeit p.p.	Kalb lebensfrisch	Kalb asphyktisch	Kind
0 Min.	34,1 bis 49,6 (4,5,7)	28,1 (7)	22,6 (15)
3-5 Min.	-	-	54,9 (15)
10 Min.	48,8 (4) 40,9 (5)	43,6 (6)	81,5 (15)
15 Min.	43,39 (7)	39,9 (7)	87,5 (15)
30 Min.	51,30 (7)	34,6 (7)	91,6 (15)
60 Min.	45,6 bis 51,0 (4,5,7)	39,3 (7) 47,3 (6)	93,4 (15)
2 Std.	54,0 (4) 50,1 (5)	50,7 (6)	-
4 Std.	54,3 bis 56,2 (4,5,7)	42,0 (7) 51,2 (6)	-
6 Std.	59,4 (4) 52,8 (5)	53,0 (6)	-
12 Std.	68,4 (4) 61,9 (5)	60,6 (6)	-
24 Std.	62,6 bis 64,70 (4,5,7)	63,5 (7) 59,5 (6)	-
2 Tage	63,35 (7)	75,9 (6)	

Tabelle 11: Zusammenstellung der Literaturangaben über die HCO_3^- -Werte (mmol/l) von der Geburt bis zum Alter von zwei Tagen bei "lebensfrischen" und "asphyktischen" Kälbern sowie bei Ferkeln und bei Kindern.

Zeit p.p.	Kalb lebensfrisch	Kalb asphyktisch	Ferkel	Kind
0 Min.	24,28 bis 25,8 (3,4,5,7,10)	11,7 bis 23,9 (3,6,7,10)	23,0 (15)	25,3 (15) 18,73 (16)
3-5 Min.	-	-	-	22,2 (15)
10 Min.	24,8 (4) 24,9 (5)	17,3 (6)	20,9 (12)	18,5 (15)
15 Min.	24,91 (10)	18,2 (7)	-	17,7 (15) 15,65 (16)
30 Min.	26,5 (3) 24,82 (7)	11,1 bis 22,5 (3,7)	-	18,2 (15)
60 Min.	25,2 bis 26,9 (4,5,7,10)	18,2 bis 22,9 (6,7,10)	23,5 (12)	20,2 (15) 16,98 (16)
2 Std.	27,6 (4) 26,7 (5)	21,6 (6)	25,4 (12)	22,9 (15)
4 Std.	26,04 bis 27,7 (4,5,7)	22,2 (7) 24,0 (6)	25,8 (12)	20,9 (15)
6 Std.	27,5 (4) 28,3 (5)	26,1 (6)	25,2 (12)	21,3 (15) 17,99 (16)
12 Std.	28,1 bis 28,3 (4,5,10)	27,4 (10) 28,7 (6)	-	21,4 (15)
24 Std.	27,39 bis 29,1 (4,5,7,10)	24,1 bis 29,2 (6,7,10)	26,1 (12)	23,0 (15) 18,53 (16)
2 Tage	26,32 (7)	25,4 (7)	-	-

Tabelle 12: Säure-Basen-Haushalts- und Blutwerte bei klinisch gesunden, nicht tragenden Kühen.

Parameter	Werte (Autoren)
pH	7,383 bis 7,49 (2,3,4,7) 7,320 bis 7,541 (9)
pCO ₂ mmHg	37,2 bis 42,8 (3,4,7)
SBC (mmol/l)	24,1 (7) und 24,0 (4)
BE (mmol/l)	0,79 (7) und -0,12 (4)
pO ₂ (mmHg)	41,3 (7) und 41,0 (4)
SAT (%)	74,8 (7) und 75,6 (4)
HCO ₃ ⁻ (mmol/l)	24,8 (7) und 24,5 (4)

3. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

3.1 Material und Methoden

3.1.1 Versuchstiere

Für die Versuchsreihe standen 30 klinisch gesunde Kühe der Rasse "Deutsche Schwarzbunte" und deren per vias naturales geborene Kälber zur Verfügung. Die Muttertiere wurden teils zur Überwachung der Geburt in die Klinik für Klauentierkrankheiten und Fortpflanzungskunde eingewiesen, teils waren sie hochtragend für Unterrichtszwecke aus dem Bundesgebiet gekauft worden. Alle Geburten verliefen ohne Komplikationen. Die Kälber wurden spontan oder mit leichter Auszugshilfe (Auszugshilfe 1 Mann) in Vorderendlage geboren.

Sofort nach der Geburt wurden die Kälber nach dem von MÜLLING (1976) in Anlehnung an APGAR entwickelten Punktschema für die Beurteilung des Gesundheitszustandes neugeborener Kälber bewertet (siehe Tab.13).

Danach wurden die Kälber in eingestreuten Einzelboxen untergebracht. Zur Trocknung des Haarkleides wurden die Tiere in den ersten Stunden mit Rotlicht bestrahlt.

Die erste Tränkung der Kälber erfolgte einheitlich nach der 4.Lebensstunde mit 1 Liter Kolostrum mittels Flasche und Sauger.

Tabelle 13: Punkteschema für die Beurteilung des Gesundheitszustandes neugeborener Kälber nach MÖLLING (1976).

Punkte	0	1	2
Muskeltonus und Bewegung	fehlen	herabgesetzt	spontane, aktive Bewegungen
Reflex-erregbarkeit	fehlt	herabgesetzt	voll vorhanden
Atmung	fehlt	langsam, unregelmäßig	rhythmisch, normal
Schleimhäute	bläulich-weiß	blau	rosa-rot

7-8 Punkte = normal

4-6 Punkte = gefährdet

0-3 Punkte = lebensschwach

3.1.2 Blutentnahme

Die Blutentnahme bei den einzelnen Kälbern und Muttertieren wurde nach den in Tabelle 14 angegebenen Zeitabständen post partum (p.p.) durchgeführt. Die erste Entnahme bei den Kälbern erfolgte innerhalb 1 Min., dann bis zum Ende der ersten Stunde alle 10 Min. Die erste Lebensstunde, auch labile Phase genannt, sollte durch möglichst viele Einzelproben überprüft werden. Dabei sollte Voraussetzung sein, daß die Proben jeweils frisch (ohne Lagerung) untersucht wurden. In den folgenden 5 Stunden betrugen die zeitlichen Abstände der Probenentnahme 30 Min. Danach wurden in der 12., 24., 48. und 72.Stunde Blutproben entnommen. Die Ge-

samtzahl der Blutproben je Kalb betrug demnach 21.

Bei den Muttertieren wurden die Blutproben zu folgenden Zeitpunkten entnommen: Die erste Probe 5 Min. p.p., dann 15, 35 und 65 Min. p.p., sowie 6, 12 und 24 Stunden p.p.; insgesamt 7 Blutproben je Muttertier.

Zu allen Meßzeitpunkten wurde gleichzeitig die Körpertemperatur rektal ermittelt.

Die unterschiedliche Anzahl von Kälbern bei den einzelnen Untersuchungspunkten entstand durch Ausfall einzelner Blutproben.

Tabelle 14: Zeitplan für Blutentnahme bei Muttertier und Kalb

Proben-Nr.	Kalb	Muttertier	Proben-Nr.	Kalb
1	bis 1 Min.	5 Min.	12	3,5 Std.
2	10 Min.	15 Min.	13	4 Std.
3	20 Min.	35 Min.	14	4,5 Std.
4	30 Min.	65 Min.	15	5 Std.
5	40 Min.	6 Std.	16	5,5 Std.
6	50 Min.	12 Std.	17	6 Std.
7	60 Min.	24 Std.	18	12 Std.
8	1,5 Std.		19	24 Std.
9	2 Std.		20	48 Std.
10	2,5 Std.		21	72 Std.
11	3 Std.			

3.1.3 Blutgasanalyse

Für die Blutgasanalyse wurden jeweils 2 ml Blut aus der V.jugularis entnommen, wobei darauf geachtet wurde, daß mit der Entnahmespritze keine atmosphärische Luft aufgezogen

wurde. Die Spritzen waren mit Natrium-Heparinat (Liquemin^R 25000, Fa. Hoffmann-La Roche, Grenzlagh, Whylen) zur Vermeidung der Blutgerinnung benetzt.

Die Proben innerhalb der ersten 6 Stunden wurden mit Hilfe eines Venenverweilkatheters (Braunüle^R, Größe 2G, Fa. Braun, Melsungen) entnommen. Sofort nach der Blutentnahme wurde der Spritzenkonus luftdicht verschlossen und die Proben bis zur Durchführung der Blutgasanalyse (spätestens 5 Min. nach Entnahme) mit Hilfe eines Blutgasvollautomaten (ABL 2, Fa. Radiometer, Kopenhagen) in Eiswasser gekühlt aufbewahrt.

Folgende Parameter wurden bestimmt und in konventionellen Einheiten gemessen:

- pH = Aktuelle Wasserstoffionenkonzentration
pCO₂ = Aktueller Kohlendioxidpartialdruck in mmHg
pO₂ = Aktueller Sauerstoffpartialdruck in mmHg
HCO₃⁻ = Plasma-Bikarbonat oder aktuelles Bikarbonat in mmol/Liter Plasma
TCO₂ = Gesamtkohlendioxid in mmol/Liter Blut
BE = Basenüberschuß in mmol/Liter Blut. BE ist ein Ausdruck für Basenüberschuß in vitro.
SBE = Standard-Basenüberschuß in mmol/Liter Blut. SBE ist der Basenüberschuß in vivo und wird vom BE abgeleitet.
Das Gerät ABL 2 benutzt die Formel: $SBE = BE_{Hb=6g\%}$
SAT = Sauerstoffsättigung in Prozent
SBC = Standard-Bikarbonat in mmol/Liter Plasma.

Die Parameter pH-Wert, pCO₂, pO₂ wurden vom ABL 2 gemessen, die Parameter HCO₃⁻, TCO₂, BE, SBE, SAT und SBC werden aus den gemessenen Analysewerten errechnet.

Alle ermittelten Werte der verschiedenen Meßzeitpunkte wurden auf die wahre Rektaltemperatur der Tiere korrigiert.

3.1.4 Statistische Auswertung und Methoden

Wenn Zusammenhänge zwischen Variablen untersucht wurden, wurde zunächst mit einer graphischen Darstellung überprüft, ob eventuell nicht-lineare Zusammenhänge vorliegen. Da dies weder aus physiologischen Gründen noch aufgrund der Zeichnungen angenommen werden mußte, wurde als Maß für den Zusammenhang zweier Merkmale - soweit beide Merkmale intervallskaliert waren - der Produkt-Moment-Korrelationskoeffizient (r) gewählt. Zur Ermittlung des Ausmaßes der Abhängigkeit der Kälberwerte von den mütterlichen Blutwerten wurden für jeden Untersuchungszeitpunkt zusätzlich Regressionsanalysen durchgeführt.

3.1.5 Zuordnung der Versuchskälber zu verschiedenen, anhand des Beurteilungsschemas gebildeten Gruppen

Um feststellen zu können, ob die subjektiven Beurteilungskriterien nach dem Punktschema in Tabelle 13 (Seite 38) mit den objektiv ermittelten Meßwerten korrelieren und eine gesicherte Aussage ergeben, wurden bei 17 Kälbern die Blutgas- und Säure-Basen-Verhältnisse im venösen Blut in einer Verlaufsreihe über 3 Tage untersucht. Zur Ermittlung der Beziehung einiger der untersuchten Parameter zueinander bis 30 Minuten p.p. wurde die Gesamtzahl an untersuchten Kälbern ($n=26$) herangezogen. Vier der Kälber wurden wegen lebensrettender Therapiemaßnahmen unmittelbar p.p. nicht in diese Untersuchung mit einbezogen.

Die nach dem in Tabelle 13 (Seite 38) angegebenen Punktschema von MÜLLING (1976) beurteilten Kälber wurden in die drei folgenden Gruppen eingeteilt:

Gruppe L = "lebensfrisch" oder "normal" mit 7 und 8 Punkten
($n=12$),

Gruppe A = "asphyktisch" oder "gefährdet" mit 6, 5 und 4 Punkten (n=14) sowie

Gruppe S = "stark gefährdet" oder "lebensschwach" mit weniger als 4 Punkten (n=4).

Die Verteilung der untersuchten Kälber auf die einzelnen Gruppen ist aus Tabelle 15 ersichtlich.

Die oben erwähnten 4 Kälber, bei denen lebensrettende Maßnahmen eingeleitet wurden, erhielten alle weniger als 4 Beurteilungspunkte. Die Blutwerte der Gruppe S konnten wegen der therapeutischen Maßnahmen bei der Auswertung nicht berücksichtigt werden.

Es sollte weiterhin untersucht werden, ob es sinnvoll war, die Kälber der beiden Beurteilungsgruppen "lebensfrisch" und "asphyktisch" anhand der vergebenen Punkte (≤ 7 und ≥ 6) aufzuteilen.

Tabelle 15: Verteilung der untersuchten Kälber auf die verschiedenen Gruppen

N = Gesamtzahl Kälber = 26

(n) = Anzahl Kälber mit Verlaufsuntersuchung = 17

	P U N K T E								
	8	7	6	5	4	3	2	1	
Gesamtzahl	6	6	5	5	4	4	0	0	
Kälber mit Ver- laufsuntersuchung	4	5	4	2	2	0	0	0	
Gruppe	lebens- frisch (L)		asphyktisch (A)			stark gefährdet (S)			
Gesamtzahl inner- halb der Gruppe	12		14			4			
Kälber mit Ver- laufsuntersuchung	9		8			0			

Um zu untersuchen, ob die Einstufung der Kälber in die Gruppen "lebensfrisch" oder "asphyktisch" mit den Meßwerten im Blut übereinstimmt, wurde folgendermaßen vorgegangen: für die 21 Meßzeitpunkte wurde für jeden der untersuchten Blutparameter der Median für die 17 Kälber berechnet. Für jedes Kalb wurde anschließend ausgezählt, an wie vielen Zeitpunkten Meßwerte über dem Median (7 und 8 Punkte) bzw. unter dem Median (≤ 6 Punkte) lagen.

3.1.6 Beziehung zwischen klinischen Beurteilungspunkten und einigen Blutparametern zur Zeit der Geburt

Zusätzlich zu den Analysen der Verlaufsdaten wurde für alle 26 Kälber zur Zeit der Geburt untersucht, ob eine Beziehung zwischen den Beurteilungspunkten und den einzelnen Meßwerten bestand.

Dazu wurden pro Zeitpunkt und Parameter Vierfeldertafeln ausgezählt und mit Hilfe des CHI^2 -Tests dieses ordinal skalierten Merkmals die Übereinstimmung überprüft.

Die Abbildungen 2 und 3 dienen als Beispiel für die Vierfeldertafeln, wie sie für alle Parameter angewendet wurden.

Für die Vierfeldertafel wurden die Tiere bezüglich der Beurteilungspunkte in die Gruppen 4 bis 6 Punkte und 7 und 8 Punkte eingeteilt. Bezüglich der Parameterwerte wurden Tiere, die unter dem Median lagen und Tiere, die nicht unter dem Median lagen, unterschieden.

Es ergab sich als Beispiel für die pH-Partus-Werte folgende Vierfeldertafel:

pH \ Punkte	< 7,1295	> 7,1295	Summe
4 bis 6	10	3	13
7 und 8	2	9	11
Summe	12	12	24

Der hier errechnete signifikante Wert für $\chi^2 = 8,22$ bedeutet, daß ein Zusammenhang zwischen den vergebenen Beurteilungspunkten und den pH-Partus-Werten besteht.

Die Auswertung der Vierfeldertafeln mit Hilfe des χ^2 -Tests ergab eine gute Übereinstimmung zwischen den klinisch subjektiv erteilten Beurteilungspunkten und den objektiv untersuchten Blutparametern pH-Wert (siehe Abb.2), BE, SBE, SBC, HCO_3^- sowie TCO_2 wegen $\chi^2 = 8,224$. Keine Beziehung bestand zwischen den Beurteilungspunkten und den Parametern pO_2 , pCO_2 sowie SAT (siehe Abb.3) ($\chi^2 = 1,510$). Aus der Abbildung 2 ist zu erkennen, daß die Kälber mit einer hohen Punktzahl (7 und 8 Punkte) überwiegend hohe Blut-pH-Werte haben, während Tiere mit 6 oder weniger Punkten überwiegend Blut-pH-Werte unter dem Median aufweisen. Dies trifft auch für die anderen Parameter mit $\chi^2 = 8,224$ (s.o.) zu.

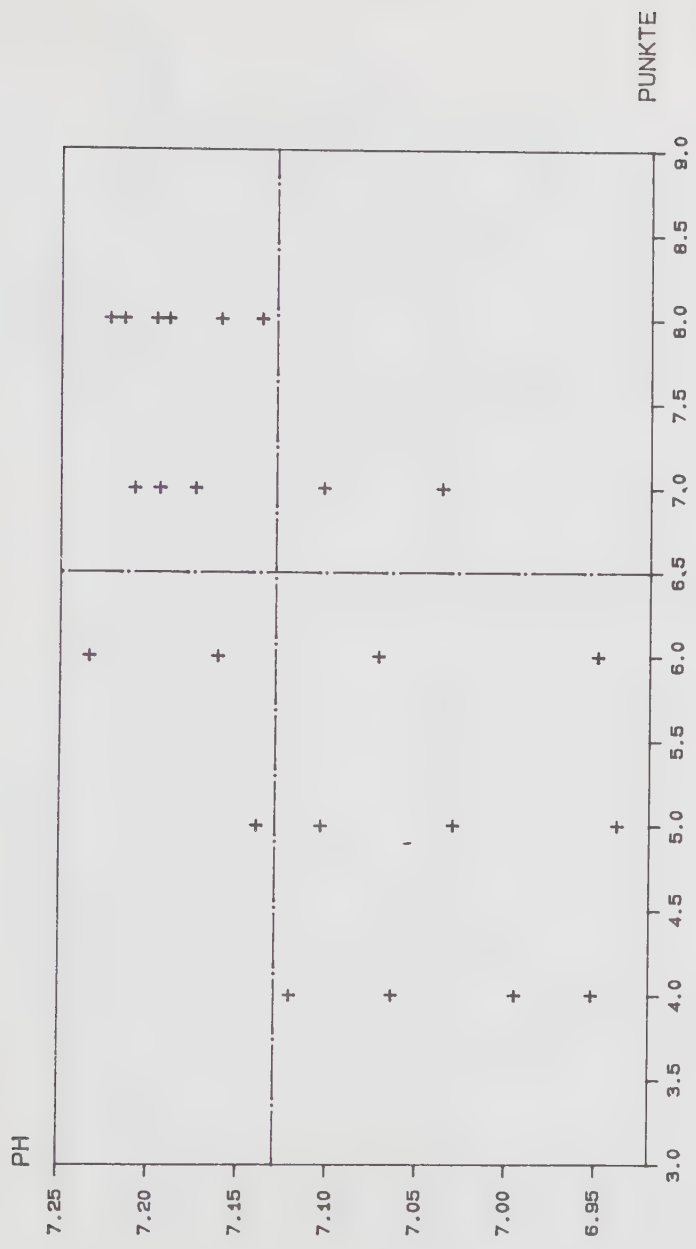


Abbildung 2: Beziehung zwischen den Beurteilungspunkten (x) und den pH-Partus-Werten.

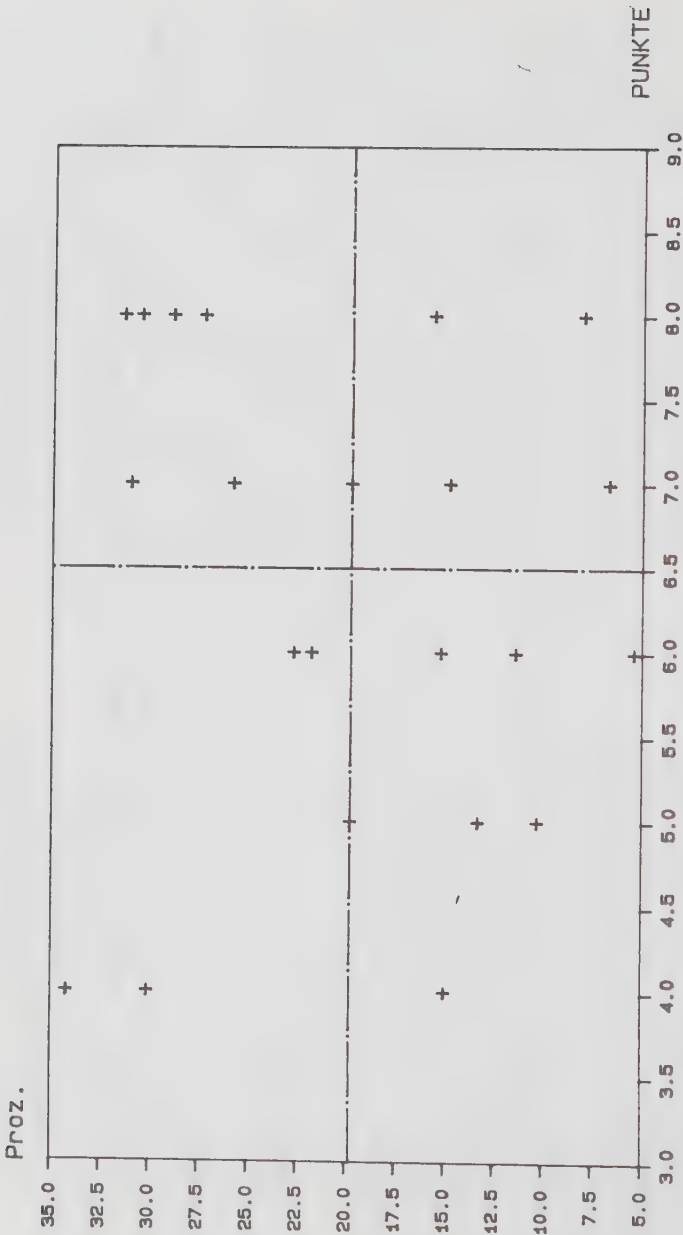


Abbildung 3: Beziehung zwischen den Beurteilungspunkten (x) und den SAT-Partus-Werten.

3.2 Untersuchungsergebnisse

3.2.1 Verlaufsuntersuchung bei den Kälbern

Der Durchschnitt sowie die Minimal- und Maximalwerte der zu den verschiedenen Bestimmungszeitpunkten ermittelten Parametern beider Kälbergruppen sind in den Tabellen 16-24 aufgeführt und in den Abbildungen 4-10 graphisch dargestellt.

Die Verlaufskurven der einzelnen Parameter aller 17 untersuchten Kälber sind in den Abbildungen 15-23 im Anhang (Seite 116-124) graphisch dargestellt.

3.2.1.1 pH-Werte

Wie aus Tabelle 16 und Abbildung 4 hervorgeht, wird bei "lebensfrischen" Kälbern unmittelbar post partum ein durchschnittlicher pH-Wert von 7,16 (7,04 bis 7,22) ermittelt, der nach 10 Minuten auf 7,11 (6,85 bis 7,21) abfällt. Danach steigen die Werte kontinuierlich bis 24 Stunden an und bleiben bis zum Ende des Untersuchungszeitraumes auf einem mittleren pH-Wert von 7,32 (7,27 bis 7,36) beinahe gleich.

Bei den "asphyktischen" Kälbern wird unmittelbar post partum ein mittlerer pH-Wert von 7,00 (6,94 bis 7,14) errechnet, der im Mittel um 0,16 hoch signifikant niedriger liegt als bei den "lebensfrischen" Kälbern.

In den ersten 20 Minuten nach der Geburt ergeben sich keine wesentlichen Veränderungen. Der Unterschied von 0,17 zwischen den beiden Kälbergruppen ist nach 20 Minuten noch signifikant. Erst nach 30 Min. p.p. kommt es bei den "asphyktischen" Kälbern zu einem leichten Anstieg auf 7,06 (6,95 bis 7,17). Danach steigt der durchschnittliche pH-Wert bis zu 2,5 Std. p.p. kontinuierlich auf 7,19 (7,12 bis 7,29) an. Dieser Wert bleibt ohne größere Schwankungen bis 6 Std. p.p. bestehen. Nach 24 Std. p.p. wird ein pH-Durchschnitt von 7,29 (7,21 bis 7,34) ermittelt. Danach erfolgen keine nennenswerten Schwankungen mehr.

Der Unterschied zwischen Gruppe L und Gruppe A ist ab 30 Min. p.p. bis zum Untersuchungsende (3 Tage) nicht oder nur schwach signifikant. Im Mittel liegen die pH-Werte der "asphyktischen" Kälber aber durchweg niedriger als die Mittelwerte der "lebensfrischen" Kälber.

Tabelle 16: Durchschnittliche ($\bar{x}$) sowie minimale und maximale pH-Werte "lebensfrischer" (L) und "asphyktischer" Kälber (A) zu verschiedenen Zeitpunkten post partum (n = Anzahl der Kälber).

Zeitpunkt p.p.	n	Gruppe L			n	Gruppe A			
		Min.	$\bar{x}$	Max.		Min.	$\bar{x}$	Max.	
0 Min.	8	7,04	/ 7,16	/ 7,22	7	6,94	/ 7,00	/ 7,14	c
10 Min.	9	6,85	/ 7,11	/ 7,21	8	6,94	/ 6,99	/ 7,13	a
20 Min.	8	7,00	/ 7,16	/ 7,26	7	6,91	/ 6,99	/ 7,05	c
30 Min.	9	6,93	/ 7,18	/ 7,28	8	6,95	/ 7,06	/ 7,17	a
40 Min.	9	6,98	/ 7,20	/ 7,29	8	6,99	/ 7,08	/ 7,19	a
50 Min.	9	7,00	/ 7,21	/ 7,29	8	7,04	/ 7,10	/ 7,21	a
60 Min.	9	7,02	/ 7,21	/ 7,31	7	7,02	/ 7,12	/ 7,22	n.s.
1,5 Std.	9	7,05	/ 7,23	/ 7,33	8	7,07	/ 7,14	/ 7,21	a
2,0 Std.	9	7,05	/ 7,23	/ 7,36	8	7,12	/ 7,18	/ 7,24	n.s.
2,5 Std.	9	7,05	/ 7,25	/ 7,36	8	7,12	/ 7,19	/ 7,29	n.s.
3,0 Std.	9	7,04	/ 7,25	/ 7,35	8	7,16	/ 7,19	/ 7,24	n.s.
3,5 Std.	9	7,15	/ 7,26	/ 7,34	8	7,15	/ 7,19	/ 7,28	a
4,0 Std.	9	7,18	/ 7,27	/ 7,34	8	7,12	/ 7,21	/ 7,26	a
4,5 Std.	9	7,13	/ 7,27	/ 7,35	8	7,13	/ 7,20	/ 7,25	a
5,0 Std.	9	7,16	/ 7,27	/ 7,33	8	7,16	/ 7,22	/ 7,29	n.s.
5,5 Std.	9	7,16	/ 7,27	/ 7,33	8	7,17	/ 7,21	/ 7,28	n.s.
6,0 Std.	9	7,19	/ 7,28	/ 7,34	8	7,15	/ 7,21	/ 7,29	b
12,0 Std.	9	7,21	/ 7,29	/ 7,39	7	7,16	/ 7,26	7,38	n.s.
24,0 Std.	9	7,28	/ 7,33	/ 7,36	7	7,21	/ 7,29	/ 7,34	n.s.
2 Tage	8	7,24	/ 7,31	/ 7,37	7	7,23	/ 7,27	/ 7,31	n.s.
3 Tage	9	7,27	/ 7,32	/ 7,36	8	7,22	/ 7,27	/ 7,37	a

Für die Signifikanz des Unterschiedes zwischen L und A gilt bei:
n.s. = nicht signifikant

a = $p < 0,05$

b = $p < 0,01$

c = $p < 0,001$

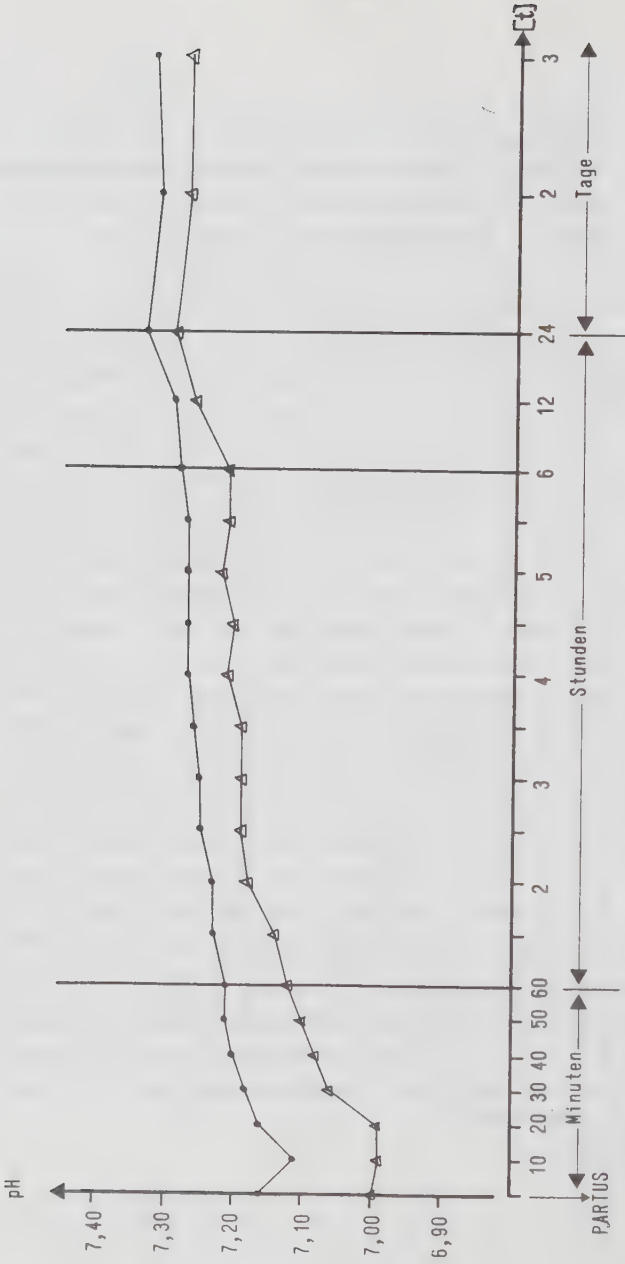


Abbildung 4: Verlauf der mittleren pH-Werte von "lebensfrischen" (●) und "asphyktischen" (△) Kälbern bis zu einem Alter von 3 Tagen.

3.2.1.2 CO₂-Partialdruck (pCO₂ in mmHg)

Aus Tabelle 17 und Abbildung 5 ist zu entnehmen, daß bei den "lebensfrischen" Kälbern der durchschnittliche pCO₂-Wert nur innerhalb der ersten 30 Minuten von 77,06 (69,9 bis 86,8) mmHg auf 65,57 (53,9 bis 83,3) mmHg und der durchschnittliche pCO₂-Wert der asphyktischen Kälber bis zu 40 Min. p.p. von 73,39 (57,7 bis 100,0) mmHg deutlich auf 57,93 (48,0 bis 68,7) mmHg abfallen.

Danach bleibt der pCO₂-Durchschnitt beider Gruppen im Wesentlichen unverändert. Bei der Gruppe L bewegt er sich zwischen 65,57 und 55,57 mmHg mit Schwankungen von 46,3 bis 77,9 mmHg und bei der Gruppe A zwischen 52,69 und 59,26 mmHg mit Schwankungen von 40,0 bis 75,1 mmHg.

Der Unterschied der beiden Kälbergruppen ist bis auf einzelne Untersuchungszeitpunkte nicht signifikant.

Tabelle 17: Durchschnittliche ($\bar{x}$) sowie minimale und maximale pCO_2 -Werte (mmHg) "lebensfrischer" (L) und "asphyktischer" Kälber (A) zu verschiedenen Zeitpunkten post partum (n = Anzahl der Kälber)

Zeitpunkt p.p.	n	Gruppe L			n	Gruppe A			
		Min.	$\bar{x}$	Max.		Min.	$\bar{x}$	Max.	
0 Min.	8	69,9	/ 77,06	/ 86,8	7	57,7	/ 73,39	/ 100,0	n.s.
10 Min.	9	68,1	/ 77,19	/ 99,7	8	57,9	/ 69,68	/ 93,4	n.s.
20 Min.	8	63,7	/ 73,89	/ 92,3	7	55,7	/ 69,27	/ 98,8	n.s.
30 Min.	9	53,9	/ 65,57	/ 83,3	8	54,0	/ 60,77	/ 68,5	n.s.
40 Min.	9	61,5	/ 64,76	/ 73,1	8	48,0	/ 57,93	/ 68,7	a
50 Min.	9	54,6	/ 65,26	/ 71,6	8	50,5	/ 59,26	/ 70,2	n.s.
60 Min.	9	58,1	/ 65,18	/ 73,3	7	50,7	/ 59,24	/ 74,5	n.s.
1,5 Std.	9	55,2	/ 62,01	/ 68,0	8	51,2	/ 59,00	/ 67,8	n.s.
2,0 Std.	9	59,1	/ 65,50	/ 77,9	8	53,1	/ 57,80	/ 63,4	b
2,5 Std.	9	49,5	/ 61,93	/ 70,9	8	48,6	/ 57,84	/ 63,9	n.s.
3,0 Std.	9	54,5	/ 62,38	/ 76,7	8	46,4	/ 58,18	/ 69,1	n.s.
3,5 Std.	9	53,7	/ 60,63	/ 72,1	8	48,6	/ 57,11	/ 65,0	n.s.
4,0 Std.	9	50,3	/ 59,82	/ 70,4	8	41,0	/ 56,05	/ 69,1	n.s.
4,5 Std.	9	51,4	/ 58,09	/ 65,6	8	47,5	/ 55,88	/ 69,5	n.s.
5,0 Std.	9	51,0	/ 57,73	/ 63,3	8	48,1	/ 56,70	/ 71,9	n.s.
5,5 Std.	9	53,3	/ 57,73	/ 66,1	8	49,4	/ 58,08	/ 68,5	n.s.
6,0 Std.	9	51,0	/ 58,67	/ 65,4	8	47,8	/ 57,73	/ 75,1	n.s.
12,0 Std.	9	48,4	/ 57,42	/ 77,5	7	40,0	/ 52,69	/ 63,4	n.s.
24,0 Std.	9	47,8	/ 55,57	/ 72,1	7	47,6	/ 53,69	/ 70,7	n.s.
2 Tage	8	50,4	/ 59,04	/ 69,1	7	49,7	/ 53,59	/ 57,1	b
3 Tage	9	46,3	/ 58,94	/ 66,0	8	50,8	/ 56,05	/ 60,9	n.s.

Für die Signifikanz des Unterschieds zwischen L und A gilt bei:
n.s. = nicht signifikant

a = $p < 0,05$

b = $p < 0,01$

c = $p < 0,001$

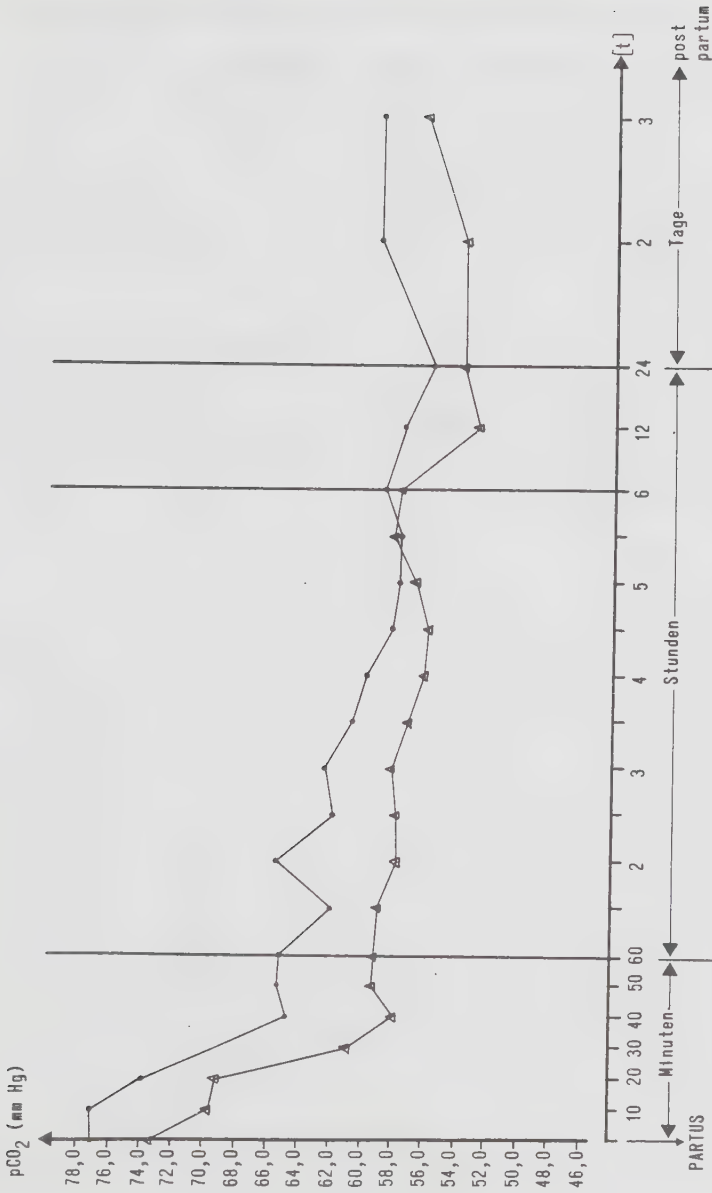


Abbildung 5: Verlauf der mittleren pCO_2 -Werte von "lebensfrischen" (●) und "asphyktischen" (▲) Kälbern bis zu einem Alter von 3 Tagen.

3.2.1.3 Sauerstoffpartialdruck (pO_2 in mmHg)

Aufgrund der starken Streuung, wie sie aus den Werten in Tabelle 18 hervorgeht, ist bei diesem Parameter keine eindeutige Tendenz des Verlaufs der Mittelwertskurven festzustellen. Die Mittelwerte liegen in der Gruppe "lebensfrisch" (L) zwischen 22,54 und 32,98 mmHg mit Schwankungen von 16,2 bis 47,5 mmHg und in der Gruppe "asphyktisch" (A) zwischen 25,41 und 32,41 mmHg mit Schwankungen von 13,9 bis 47,8 mmHg.

Wie schon die Verlaufskurven der durchschnittlichen pO_2 -Werte p.p. in Abbildung 6 zeigen, ist der Unterschied zwischen den beiden Kälbergruppen zu keinem Zeitpunkt der Untersuchung signifikant. Die Kurven der beiden Gruppen verlaufen annähernd gleich.

Tabelle 18: Durchschnittliche ($\bar{x}$) sowie minimale und maximale pO_2 -Werte (mmHg) "lebensfrischer" (L) und "asphyktischer" Kälber (A) zu verschiedenen Zeitpunkten post partum (n = Anzahl der Kälber)

Zeitpunkt p.p.	n	Gruppe L			n	Gruppe A			
		Min.	$\bar{x}$	Max		Min.	$\bar{x}$	Max.	
0 Min.	8	16,4	22,54	28,3	7	18,5	26,86	37,9	n.s.
10 Min.	9	17,2	28,46	44,9	8	13,9	27,69	34,5	n.s.
20 Min.	8	18,8	27,36	34,0	7	19,2	27,11	34,7	n.s.
30 Min.	9	16,2	27,18	40,0	8	24,2	27,81	31,4	n.s.
40 Min.	9	20,6	26,48	32,8	8	21,2	27,63	33,7	n.s.
50 Min.	9	20,2	25,21	31,7	8	18,9	25,41	31,3	n.s.
60 Min.	9	18,2	26,43	31,0	7	20,0	27,94	35,4	n.s.
1,5 Std.	9	20,9	28,62	37,7	8	17,2	28,68	34,3	n.s.
2,0 Std.	9	17,4	27,16	37,5	8	20,3	30,91	37,8	n.s.
2,5 Std.	9	18,0	28,66	36,2	8	20,2	28,65	39,0	n.s.
3,0 Std.	9	22,7	28,71	37,2	8	18,7	27,21	37,5	n.s.
3,5 Std.	9	26,4	29,92	36,7	8	21,7	27,48	35,6	n.s.
4,0 Std.	9	26,1	30,09	34,7	8	20,8	31,53	44,9	n.s.
4,5 Std.	9	18,6	31,65	47,5	8	23,6	32,41	41,4	n.s.
5,0 Std.	9	23,3	32,98	40,2	8	23,3	30,36	43,3	n.s.
5,5 Std.	9	26,1	31,10	35,1	8	22,4	27,90	32,7	n.s.
6,0 Std.	9	28,0	30,54	33,9	8	23,9	31,91	38,7	n.s.
12,0 Std.	9	21,5	31,26	41,5	8	24,6	31,59	47,8	n.s.
24,0 Std.	9	22,3	27,60	4,8	8	22,3	26,70	32,5	n.s.
2 Tage	8	18,9	24,64	29,6	7	19,8	25,83	32,5	n.s.
3 Tage	9	19,6	25,91	31,3	8	19,3	26,25	38,7	n.s.

Für die Signifikanz des Unterschieds zwischen L und A gilt bei:
n.s. = nicht signifikant

a = $p < 0,05$

b = $p < 0,01$

c = $p < 0,001$

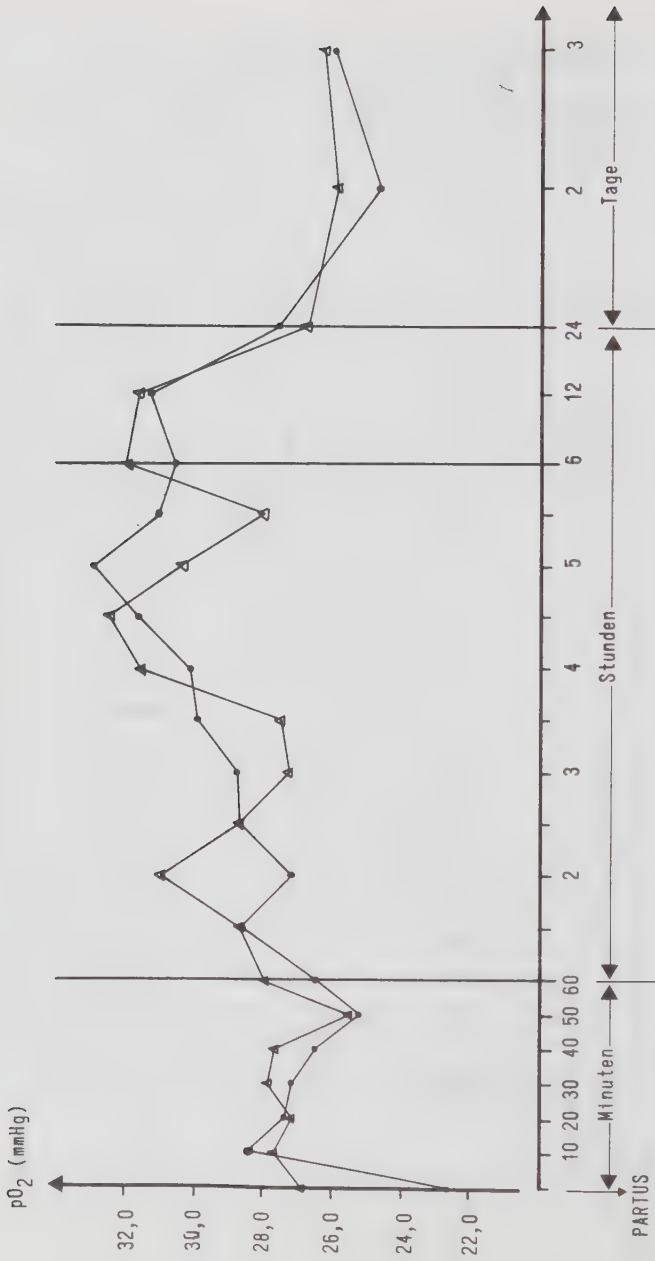


Abbildung 6: Verlauf der mittleren pO_2 -Gehalte von "lebensfrischen" (●) und "asphyktischen" (Δ) Kälbern bis zu einem Alter von 3 Tagen.

3.2.1.4 Plasmabikarbonat (HCO_3^- in mmol/l)

Nach Tabelle 19 und Abbildung 7 steigt der durchschnittliche HCO_3^- -Gehalt nach einem geringen Abfall in der Gruppe "lebensfrische Kälber" (L) innerhalb der ersten 10 Lebensminuten von 25,48 (20,8 bis 29,3) mmol/l auf 23,47 (11,4 bis 29,0) mmol/l stetig aber nur leicht auf 28,79 (24,6 bis 32,2) mmol/l am dritten Lebenstag an. Wie die Verlaufskurve in Abbildung 7 deutlich macht, erfahren die HCO_3^- -Gehalte bei "lebensfrischen" Kälbern keine wesentliche Änderungen post partum.

In der Gruppe "asphyktische Kälber" (A) sind die HCO_3^- -Gehalte zunächst z.Z. der Geburt signifikant um 9 mmol/l niedriger und der geringe Abfall dauert bis zur 20. Lebensminute (von 16,34 (13,3 bis 19,8) mmol/l auf 15,11 (11,6 bis 23,8) mmol/l). Nach diesem Zeitpunkt steigen die Gehalte dieser Gruppe bis zu 24 Std. p.p. im Mittel auf 24,24 (21,3 bis 26,7) mmol/l stärker an als bei den "lebensfrischen" Kälbern, so daß die Unterschiede zu diesen nicht mehr so groß wie zu Beginn der Untersuchungen sind. Dies kommt auch in den geringer werdenden Signifikanzen in Tabelle 19 zum Ausdruck.

Tabelle 19: Durchschnittliche ($\bar{x}$) sowie minimale und maximale HCO_3^- -Werte (mmol/l) "lebensfrischer" (L) und "asphyktischer" Kälber (A) zu verschiedenen Zeitpunkten post partum (n = Anzahl der Kälber)

Zeitpunkt p.p.	n	Gruppe L			n	Gruppe A			
		Min.	$\bar{x}$	Max.		Min.	$\bar{x}$	Max.	
0 Min.	8	20,8	25,48	29,3	7	13,3	16,34	19,8	c
10 Min.	9	11,4	23,47	29,0	8	12,4	15,64	22,2	b
20 Min.	8	16,3	24,81	28,6	7	11,6	15,11	23,8	c
30 Min.	9	11,9	23,49	28,1	8	12,0	16,03	23,1	b
40 Min.	9	13,9	24,20	29,2	8	12,3	16,15	24,0	b
50 Min.	9	15,4	25,07	29,8	8	13,0	17,41	25,5	b
60 Min.	9	14,6	25,06	30,2	7	14,0	18,06	24,9	a
1,5 Std.	9	15,5	25,14	29,4	8	13,6	19,10	25,7	a
2,0 Std.	9	16,5	25,87	29,9	8	17,8	20,31	23,7	b
2,5 Std.	9	17,0	25,89	30,2	8	15,2	20,93	26,6	a
3,0 Std.	9	15,1	26,04	30,7	8	15,3	21,16	26,0	a
3,5 Std.	9	18,2	25,86	30,7	8	16,0	20,95	28,5	a
4,0 Std.	9	19,5	25,90	29,4	8	17,4	21,21	28,7	a
4,5 Std.	9	18,9	25,16	28,8	8	16,5	20,71	28,6	a
5,0 Std.	9	19,6	25,36	29,8	8	18,6	22,46	33,0	n.s.
5,5 Std.	9	18,7	25,19	28,5	8	19,2	22,31	30,7	n.s.
6,0 Std.	9	23,1	26,33	31,2	8	17,1	22,28	34,1	n.s.
12,0 Std.	9	20,4	26,01	30,1	7	18,7	22,37	24,6	a
24,0 Std.	9	22,5	27,71	32,2	7	21,3	24,24	26,7	a
2 Tage	8	25,4	28,04	32,2	7	19,4	23,41	25,7	b
3 Tage	9	24,6	28,79	32,2	8	20,1	24,45	30,8	b

Für die Signifikanz des Unterschieds zwischen L und A gilt bei:

n.s. = nicht signifikant

a = $p < 0,05$

b = $p < 0,01$

c = $p < 0,001$

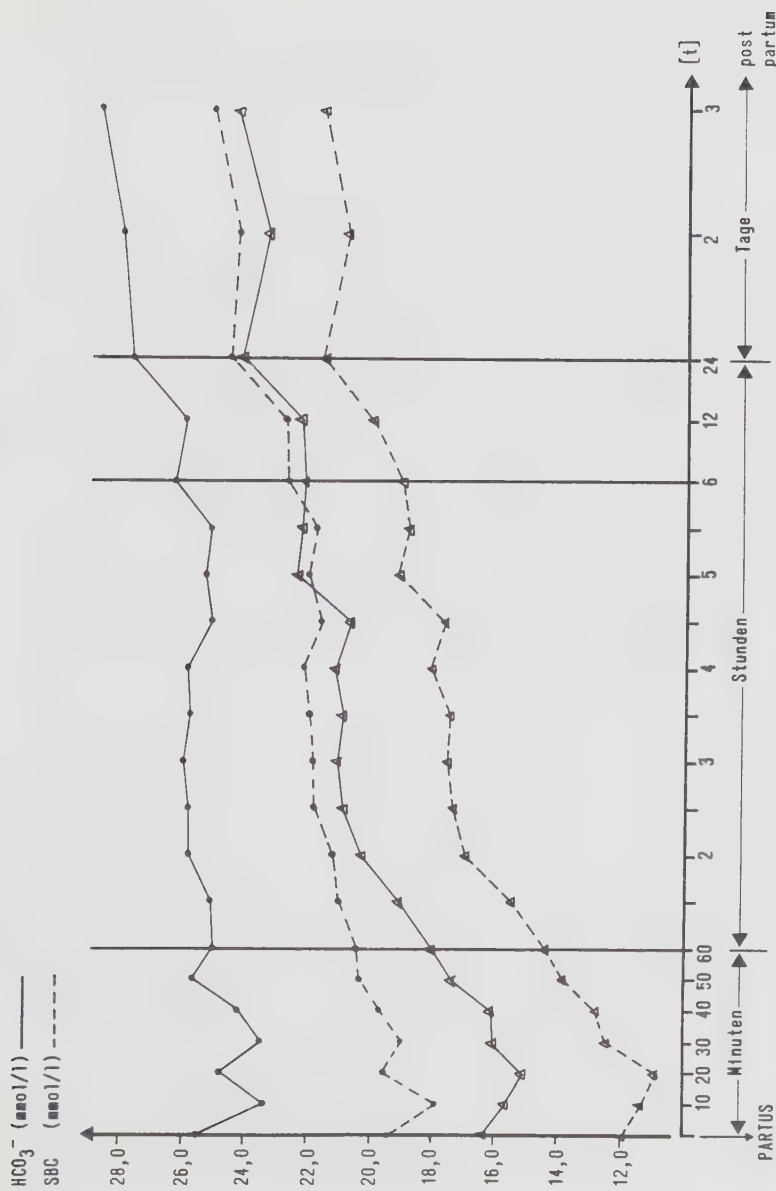


Abbildung 7: Verlauf der mittleren HCO_3^- - und SBC-Gehalte von "lebensfrischen" (●) und "asphyktischen" (▲) Kälbern bis zu einem Alter von 3 Tagen.

3.2.1.5 Standardbikarbonat (SBC in mmol/l)

Wie die Abbildung 7 für die SBC-Gehalte weiterhin zeigt, verhalten sich hierfür die Verlaufskurven der beiden Kälbergruppen wie bei den HCO_3^- -Gehalten.

Die Tabelle 20 läßt erkennen, daß während die mittleren SBC-Werte der "lebensfrischen" Kälber (L) ihr Minimum nach 10 Lebensminuten mit 17,90 (7,4 bis 22,3) mmol/l erreichen, dies bei den "asphyktischen" Kälbern (A) erst nach 20 Lebensminuten mit 10,80 (8,6 bis 15,4) mmol/l der Fall ist. Die entsprechenden Partuswerte betragen für die Gruppe L 19,45 (13,5 bis 23,3) mmol/l und für die Gruppe A 11,89 (9,6 bis 14,4) mmol/l. Die Unterschiede zwischen den beiden Gruppen sind auch hier in der ersten Lebensstunde am größten. Danach steigen die Mittelwerte ohne besondere Veränderungen auf 25,20 (22,8 bis 28,1) mmol/l bei der Gruppe L bzw. auf 21,63 (17,4 bis 28,2) mmol/l bei der Gruppe A. Während der gesamten Untersuchungsdauer bleibt aber ein - wenn auch nur schwach signifikanter - Unterschied zwischen den beiden Kälbergruppen bestehen.

Tabelle 20: Durchschnittliche ($\bar{x}$) sowie minimale und maximale SBC-Werte (mmol/l) "lebensfrischer" (L) und "as-phyktischer" Kälber (A) zu verschiedenen Zeitpunkten post partum (n = Anzahl der Kälber)

Zeitpunkt p.p.	Gruppe L				n	Gruppe A			
	n	Min.	$\bar{x}$	Max		Min.	$\bar{x}$	Max.	
0 Min.	8	13,5	/ 19,45	/ 23,3	7	9,6	/ 11,89	/ 14,4	c
10 Min.	9	7,4	/ 17,90	/ 22,3	8	9,1	/ 11,29	/ 15,5	b
20 Min.	8	11,2	/ 19,51	/ 23,7	7	8,6	/ 10,80	/ 15,4	c
30 Min.	9	8,6	/ 19,04	/ 23,3	8	8,7	/ 12,48	/ 18,5	b
40 Min.	9	10,1	/ 19,71	/ 25,0	8	9,4	/ 12,81	/ 19,1	b
50 Min.	9	10,5	/ 20,34	/ 25,2	8	10,3	/ 13,84	/ 20,6	a
60 Min.	9	10,9	/ 20,47	/ 25,9	7	11,5	/ 14,46	/ 20,1	b
1,5 Std.	9	11,1	/ 21,03	/ 24,9	8	11,5	/ 15,55	/ 20,4	a
2,0 Std.	9	11,7	/ 21,23	/ 25,7	8	14,5	/ 17,03	/ 20,1	a
2,5 Std.	9	11,7	/ 21,80	/ 26,2	8	13,3	/ 17,46	/ 22,6	a
3,0 Std.	9	10,9	/ 21,90	/ 26,8	8	13,9	/ 17,61	/ 22,7	a
3,5 Std.	9	14,2	/ 22,00	/ 26,4	8	13,9	/ 17,53	/ 23,4	a
4,0 Std.	9	15,6	/ 22,21	/ 25,9	8	15,4	/ 18,18	/ 23,5	a
4,5 Std.	9	13,8	/ 21,68	/ 26,0	8	13,5	/ 17,70	/ 23,4	a
5,0 Std.	9	15,0	/ 22,03	/ 25,9	8	15,6	/ 19,23	/ 27,1	n.s.
5,5 Std.	9	15,1	/ 21,82	/ 25,2	8	15,8	/ 18,88	/ 25,8	n.s.
6,0 Std.	9	18,6	/ 22,73	/ 27,1	8	14,7	/ 19,10	/ 28,1	a
12, Std.	9	18,0	/ 22,81	/ 27,4	7	15,8	/ 20,07	/ 22,9	n.s.
24,0 Std.	9	21,0	/ 24,59	/ 28,3	7	18,8	/ 21,69	/ 24,2	a
2 Tage	8	22,3	/ 24,33	/ 28,9	7	17,1	/ 20,93	/ 23,7	a
3 Tage	9	22,8	/ 25,20	/ 28,1	8	17,4	/ 21,63	/ 28,2	a

Für die Signifikanz des Unterschieds zwischen L und A gilt bei:
n.s. = nicht signifikant

a = $p < 0,05$

b = $p < 0,01$

c = $p < 0,001$

3.2.1.6 Basenüberschuß (BE in mmol/l)

Eine weitere Ähnlichkeit im Verlauf zeigen die BE-Gehalte in Abbildung 8 und Tabelle 21 für die beiden Versuchsgruppen "lebensfrische" (L) und "asphyktische" Kälber (A). In der Gruppe L kommt es zu einem Abfall der durchschnittlichen BE-Werte von -3,91 (-11,6 bis 0,5) mmol/l auf -6,60 (-23,5 bis -1,0) mmol/l innerhalb der ersten 10 Lebensminuten, danach zu einem Anstieg bis 20 Min. p.p. auf -4,30 (-16,1 bis 0,7) mmol/l.

Hingegen fallen bei den "asphyktischen" Kälbern (A) die mittleren BE-Gehalte innerhalb der ersten 20 Lebensminuten kontinuierlich von -14,53 (-18,0 bis $\pm$ 0,0) mmol/l auf -16,30 (-19,8 bis $\pm$ 0,0) mmol/l ab.

Danach steigen die BE-Durchschnittswerte beider Gruppen, bei den "asphyktischen" Kälbern stärker, wieder an. Nach 2 Tagen fallen die mittleren BE-Werte in der Gruppe A wieder leicht ab bzw. bleiben nach 3 Tagen bei -1,90 (-6,6 bis 5,3) mmol/l. Dadurch, daß die BE-Gehalte bei der Gruppe L vorher ansteigen, werden die Unterschiede hier wieder größer.

Tabelle 21: Durchschnittliche ($\bar{x}$) sowie minimale und maximale BE-Werte (mmol/l) "lebensfrischer" (L) und "asphyktischer" Kälber (A) zu verschiedenen Zeitpunkten post partum (n = Anzahl der Kälber)

Zeitpunkt p.p.	n	Gruppe L			n	Gruppe A			
		Min.	$\bar{x}$	Max		Min.	$\bar{x}$	Max.	
0 Min.	8	-11,6	-3,91	0,5	7	-18,0	-14,53	+0,0	c
10 Min.	9	-23,5	-6,60	-1,0	8	-19,1	-15,59	-9,2	b
20 Min.	8	-16,1	-4,30	0,7	7	-19,8	-16,30	+0,0	c
30 Min.	9	-20,7	-5,14	0,1	8	-19,6	-13,80	-5,3	a
40 Min.	9	-17,8	-4,26	2,3	8	-18,5	-13,46	-4,6	b
50 Min.	9	-17,2	-3,51	2,6	8	-17,0	-11,85	-2,5	a
60 Min.	9	-16,8	-3,33	3,2	7	-15,3	-11,06	+0,0	a
1,5 Std.	9	-16,2	-2,71	2,3	8	-15,5	-9,55	-2,6	a
2,0 Std.	9	-15,3	-2,33	2,7	8	-11,4	-7,69	-3,5	a
2,5 Std.	9	-15,0	-1,76	3,5	8	-12,9	-7,00	-0,2	a
3,0 Std.	9	-16,9	-1,71	4,2	8	-12,3	-6,75	+0,0	n.s.
3,5 Std.	9	-11,3	-1,48	3,9	8	-11,8	-6,93	1,0	a
4,0 Std.	9	-9,0	-1,20	2,8	8	-9,1	-6,24	0,5	a
4,5 Std.	9	-11,2	-1,92	2,4	8	-12,5	-6,98	0,3	a
5,0 Std.	9	-9,7	-1,56	3,0	8	-9,4	-5,00	4,6	n.s.
5,5 Std.	9	-9,9	-1,78	2,0	8	-8,9	-5,26	2,9	n.s.
6,0 Std.	9	-5,4	-0,60	4,3	8	-11,2	-5,29	5,6	a
12,0 Std.	9	-6,5	-0,61	4,0	7	-9,4	-4,00	+0,0	n.s.
24,0 Std.	9	-3,2	1,01	5,5	7	-5,2	-1,84	1,0	a
2 Tage	8	-0,9	1,63	6,3	7	-7,1	-2,69	+0,0	b
3 Tage	9	-0,3	2,44	5,8	8	-6,6	-1,90	5,3	b

Für die Signifikanz des Unterschieds zwischen L und A gilt bei:

n.s. = nicht signifikant

a = $p < 0,05$

b = $p < 0,01$

c = $p < 0,001$

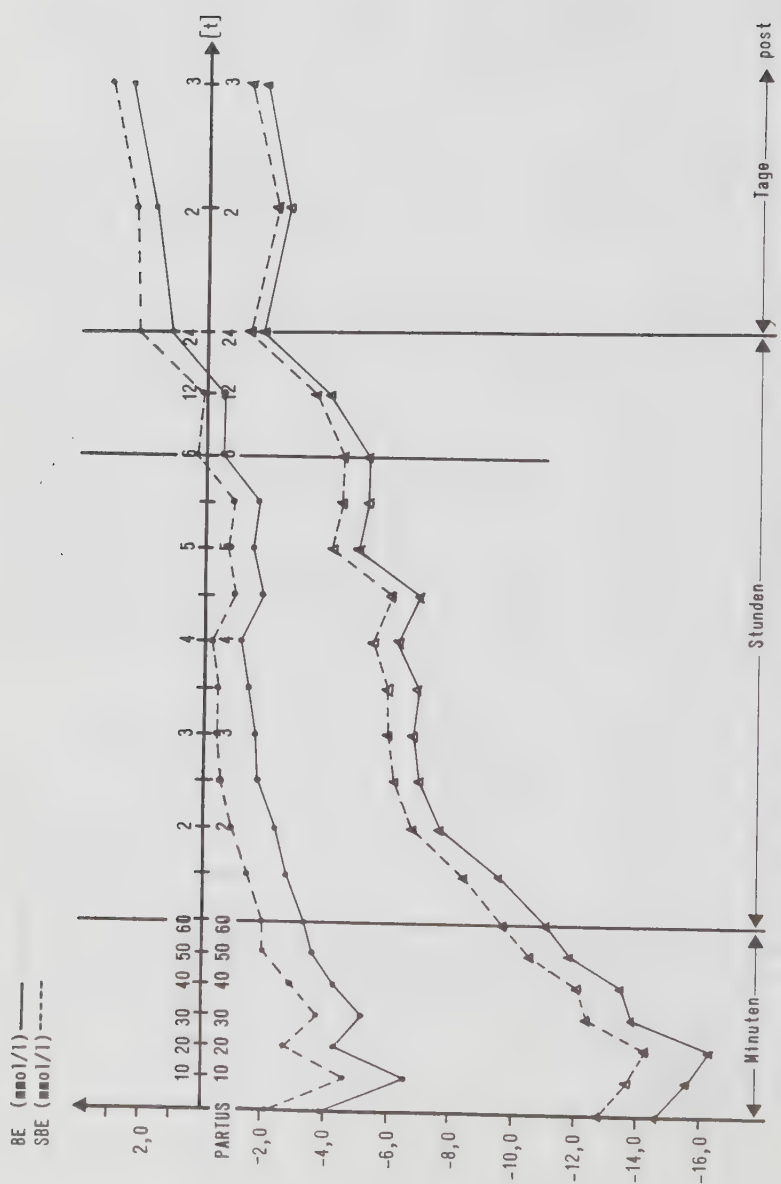


Abbildung 8: Verlauf der mittleren BE- und SBE-Werte von "lebensfrischen" (●) und "asphyktischen" (▲) Kälbern bis zu einem Alter von 3 Tagen.

3.2.1.7 Standardbasenüberschuß (SBE in mmol/l)

Wie erwartet, verlaufen die SBE-Werte nach Abbildung 8 und Tabelle 22 in gleicher Weise wie die BE-Werte. Der mittlere SBE-Wert der "lebensfrischen" Kälber (L) fällt innerhalb der ersten 10 Lebensminuten von -2,16 (-8,2 bis 1,8) mmol/l auf -4,62 (-19,6 bis $\pm$ 0,0) mmol/l und nach einer leichten Erholung des 20 Minuten-Wertes auf -2,71 (-12,8 bis 2,0) mmol/l wieder auf -3,74 (-17,9 bis 1,0) mmol/l nach 30 Min. post partum.

Auch die SBE-Durchschnittswerte der "asphyktischen" Kälber (A) fallen entsprechend den BE-Werten dieser Gruppe innerhalb der ersten 20 Min. p.p. von -12,76 (-16,3 bis $\pm$ 0,0) mmol/l auf -14,27 (-18,4 bis $\pm$ 0,0) mmol/l. Danach steigen auch die Mittelwerte dieser Parameter bei beiden Gruppen ohne wesentliche Schwankungen laufend an. Drei Tage post partum liegt der mittlere SBE-Wert der Gruppe L bei 3,07 (-0,1 bis 6,4) mmol/l und der der Gruppe A bei -1,40 (-6,1 bis 5,8) mmol/l. Die Mittelwerte der "asphyktischen" Kälber waren durchweg niedriger als die Mittelwerte der "lebensfrischen" Kälber und bis auf zwei Untersuchungszeitpunkte (5 und 5,5 Std. p.p.) mindestens schwach signifikant verschieden (siehe Tab.22).

Tabelle 22: Durchschnittliche ($\bar{x}$) sowie minimale und maximale SBE-Werte (mmol/l) "lebensfrischer" (L) und "asphyktischer" Kälber (A) zur verschiedenen Zeitpunkten post partum (n = Anzahl der Kälber)

Zeitpunkt p.p.	n	Gruppe L			n	Gruppe A			
		Min.	$\bar{x}$	Max.		Min.	$\bar{x}$	Max.	
0 Min.	8	-8,2	-2,16	1,8	7	-16,3	-12,76	+0,0	c
10 Min.	9	-19,60	-4,62	+0,0	8	-17,5	-13,64	-7,2	b
20 Min.	8	-12,8	-2,71	2,0	7	-18,4	-14,27	+0,0	c
30 Min.	9	-17,9	-3,74	1,0	8	-18,0	-12,36	-3,9	b
40 Min.	9	-15,3	-2,88	3,0	8	-17,1	-12,09	-3,1	b
50 Min.	9	-13,7	-2,01	3,7	8	-15,9	-10,55	-1,2	a
60 Min.	9	-14,0	-1,97	4,2	7	-14,3	-9,64	+0,0	a
1,5 Std.	9	-13,1	-1,49	3,1	8	-14,4	-8,41	-1,2	a
2,0 Std.	9	-12,0	-0,93	3,9	8	-10,1	-6,73	-2,6	a
2,5 Std.	9	-11,6	-0,57	4,5	8	-12,1	-6,15	-0,2	a
3,0 Std.	9	-13,6	-0,47	5,1	8	-11,6	-5,94	+0,0	a
3,5 Std.	9	-9,1	-0,50	4,9	8	-11,1	-5,94	2,2	a
4,0 Std.	9	-7,3	-0,31	3,4	8	-8,2	-5,43	1,9	b
4,5 Std.	9	-8,7	-1,02	3,0	8	-11,0	-6,09	1,7	a
5,0 Std.	9	-7,6	-0,73	4,0	8	-8,1	-4,14	6,2	n.s.
5,5 Std.	9	-8,2	-0,96	2,7	8	-7,8	-4,41	4,1	n.s.
6,0 Std.	9	-4,0	0,23	5,3	8	-10,1	-4,45	7,1	a
12,0 Std.	9	-5,8	0,06	4,4	7	-8,4	-3,56	+0,0	a
24,0 Std.	9	-2,9	2,19	6,0	7	-4,7	-1,46	1,4	a
2 Tage	8	-0,3	2,26	6,7	7	-6,6	-2,30	0,2	b
3 Tage	9	-0,1	3,07	6,4	8	-6,1	-1,40	5,8	b

Für die Signifikanz des Unterschieds zwischen L und A gilt bei:

n.s. = nicht signifikant

a = $p < 0,05$

b = $p < 0,01$

c = $p < 0,001$

3.2.1.8 Gesamt-CO₂ (TCO₂ in mmol/l)

Zum Zeitpunkt der Geburt wurde nach Tabelle 23 und Abbildung 9 bei den "lebensfrischen" Kälbern (L) ein mittlerer TCO₂-Gehalt von 27,54 (23,1 bis 31,4) mmol/l errechnet, während der mittlere Partuswert bei den "asphyktischen" Kälbern (A) mit 18,29 (15,0 bis 22,5) mmol/l deutlich und hochsignifikant niedriger liegt.

In der Gruppe L besteht ein Abfall der TCO₂-Mittelwerte nur innerhalb der ersten 10 Min. p.p. auf 25,51 (13,3 bis 31,7) mmol/l. Danach steigt der durchschnittliche TCO₂-Wert dieser Gruppe auf 30,36 (25,8 bis 33,9) mmol/l an.

Bei der Gruppe A fallen die TCO₂-Mittelwerte bis zu 20 Min. p.p. auf 16,97 (13,2 bis 26,3) mmol/l, um dann ohne größere Schwankungen bis auf 25,93 (21,5 bis 32,2) mmol/l anzusteigen.

Die Mittelwerte der "asphyktischen" Kälber liegen durchweg niedriger als die Mittelwerte der "lebensfrischen" Kälber. Die Unterschiede sind auch hier in der ersten Lebensstunde am größten, danach werden sie durch den stetigen Anstieg bei den "asphyktischen" Kälbern geringer.

Tabelle 23: Durchschnittliche ($\bar{x}$) sowie minimale und maximale TCO_2 -Werte (mmol/l) "lebensfrischer" (L) und "asphyktischer" Kälber (A) zu verschiedenen Zeitpunkten post partum (n = Anzahl der Kälber)

Zeitpunkt p.p.	n	Gruppe L			n	Gruppe A			
		Min.	$\bar{x}$	Max.		Min.	$\bar{x}$	Max.	
0 Min.	8	23,1	27,54	31,4	7	15,0	18,29	22,5	c
10 Min.	9	13,3	25,51	31,7	8	14,0	17,50	24,7	b
20 Min.	8	18,2	26,78	30,4	7	13,2	16,97	26,3	c
30 Min.	9	13,5	25,26	30,1	8	13,7	17,68	24,9	b
40 Min.	9	15,6	25,94	31,0	8	13,7	17,75	25,8	b
50 Min.	9	17,2	26,84	31,6	8	14,5	18,79	27,3	b
60 Min.	9	16,2	26,83	31,9	7	15,3	19,66	26,6	a
1,5 Std.	9	17,2	26,82	31,3	8	15,0	20,74	27,5	a
2,0 Std.	9	18,2	27,62	31,6	8	19,4	21,90	25,3	b
2,5 Std.	9	18,8	27,56	31,9	8	16,4	22,54	28,2	a
3,0 Std.	9	16,8	28,86	34,8	8	16,6	22,78	29,9	a
3,5 Std.	9	19,7	27,49	32,3	8	17,3	22,53	30,2	a
4,0 Std.	9	21,0	27,52	31,1	8	18,5	22,78	30,6	a
4,5 Std.	9	20,6	26,74	30,4	8	18,0	22,26	30,5	a
5,0 Std.	9	21,2	26,91	31,4	8	20,0	24,04	35,0	n.s.
5,5 Std.	9	20,2	26,77	30,1	8	20,7	23,94	32,6	n.s.
6,0 Std.	9	24,9	27,96	32,9	8	18,5	23,86	36,2	n.s.
12,0 Std.	9	21,8	27,57	31,7	7	20,2	23,80	26,3	a
24,0 Std.	9	23,8	29,21	34,2	7	22,7	25,70	28,5	a
2 Tage	8	26,9	29,61	33,8	7	20,7	24,81	27,1	b
3 Tage	9	25,8	30,36	33,9	8	21,5	25,93	32,2	b

Für die Signifikanz des Unterschieds zwischen L und A gilt bei:
n.s. = nicht signifikant

a = $p < 0,05$

b = $p < 0,01$

c = $p < 0,001$

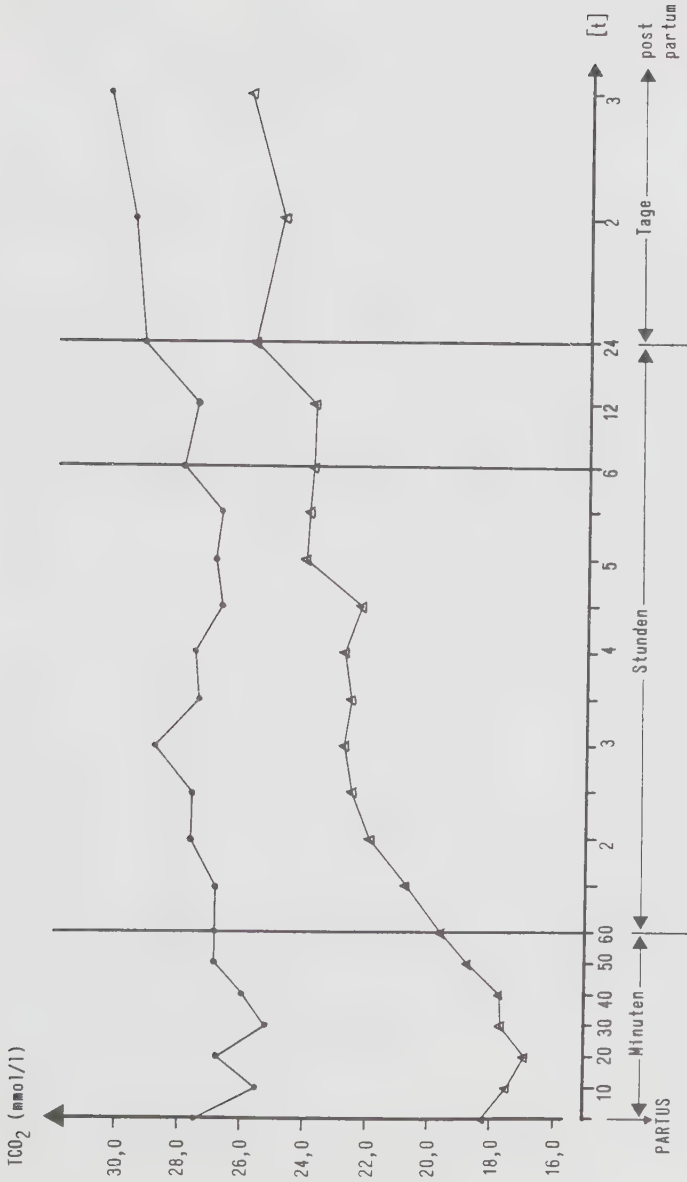


Abbildung 9: Verlauf der mittleren $\overline{\text{PCO}_2}$ -Werte von "lebensfrischen" (●) und "asphyktischen" (▲) Kälbern bis zu einem Alter von 3 Tagen.

3.2.1.9 Sauerstoffsättigung (SAT in %)

Bei "lebensfrischen" Kälbern (L) erfolgt nach Tabelle 24 und Abbildung 10 der stärkste Anstieg der mittleren SAT-Werte innerhalb der ersten 10 Lebensminuten, nämlich von 18,36% (6,7 bis 28,9%) auf 26,00% (8,3 bis 41,2%). Danach steigen die SAT-Mittelwerte kontinuierlich etwa bis 6 Stunden p.p. an, um danach bis zwei Tage p.p. wieder deutlich auf 30,59% (20,1 bis 37,8%) abzufallen.

Bei den "asphyktischen" Kälbern (A) tritt ein merklicher Anstieg erst nach 50 Lebensminuten ein. Nach diesem Anstieg unterscheidet sich der Verlauf der SAT-Mittelwerte in dieser Gruppe nur unwesentlich von den "lebensfrischen" Kälbern. Die Unterschiede zwischen den beiden Kälbergruppen sind deshalb während der ganzen Verlaufsuntersuchung nicht signifikant.

Tabelle 24: Durchschnittliche ($\bar{x}$) sowie minimale und maximale SAT-Werte (%) "lebensfrischer" (L) und "asphyktischer" Kälber (A) zu verschiedenen Zeitpunkten post partum (n = Anzahl der Kälber)

Zeitpunkt p.p.	n	Gruppe L			n	Gruppe A			
		Min.	$\bar{x}$	Max.		Min.	$\bar{x}$	Max.	
0 Min.	8	6,7	/ 18,36	/ 28,9	7	5,4	/ 17,71	/ 34,2	n.s.
10 Min.	9	8,3	/ 26,00	/ 41,2	8	2,8	/ 20,18	/ 30,5	n.s.
20 Min.	8	10,7	/ 28,08	/ 47,3	7	5,7	/ 19,46	/ 35,2	n.s.
30 Min.	9	5,7	/ 29,33	/ 41,2	8	15,4	/ 22,90	/ 33,7	n.s.
40 Min.	9	21,5	/ 28,61	/ 37,3	8	13,1	/ 25,05	/ 37,3	n.s.
50 Min.	9	11,9	/ 27,98	/ 45,4	8	9,9	/ 21,88	/ 31,0	n.s.
60 Min.	9	15,0	/ 29,52	/ 46,0	7	9,5	/ 27,87	/ 43,5	n.s.
1,5 Std.	9	12,6	/ 36,40	/ 45,4	8	10,9	/ 31,31	/ 46,7	n.s.
2,0 Std.	9	10,4	/ 32,66	/ 58,5	8	18,1	/ 38,03	/ 54,8	n.s.
2,5 Std.	9	8,3	/ 37,64	/ 49,3	8	16,9	/ 34,23	/ 53,4	n.s.
3,0 Std.	9	18,3	/ 37,32	/ 50,6	8	14,8	/ 31,54	/ 49,3	n.s.
3,5 Std.	9	28,9	/ 40,58	/ 50,0	8	23,1	/ 32,26	/ 48,6	n.s.
4,0 Std.	9	26,5	/ 41,46	/ 56,3	8	14,5	/ 41,44	/ 66,9	n.s.
4,5 Std.	8	10,9	/ 40,51	/ 52,7	8	23,7	/ 42,85	/ 60,7	n.s.
5,0 Std.	9	21,1	/ 48,11	/ 60,7	8	24,7	/ 40,71	/ 66,7	n.s.
5,5 Std.	9	28,4	/ 44,36	/ 57,0	8	22,4	/ 34,90	/ 49,3	a
6,0 Std.	9	34,2	/ 44,50	/ 54,8	8	23,7	/ 42,55	/ 55,5	n.s.
12,0 Std.	9	19,8	/ 45,03	/ 68,3	7	30,1	/ 39,39	/ 54,1	n.s.
24,0 Std.	9	26,5	/ 39,42	/ 62,2	7	21,2	/ 35,00	/ 44,1	n.s.
2 Tage	8	20,1	/ 30,59	/ 37,8	6	18,3	/ 28,37	/ 43,5	n.s.
3 Tage	9	20,4	/ 34,91	/ 48,6	8	15,8	/ 31,41	/ 61,4	n.s.

Für die Signifikanz des Unterschieds zwischen L und A gilt bei:

n.s. = nicht signifikant

a = $p < 0,05$

b = $p < 0,01$

c = $p < 0,001$

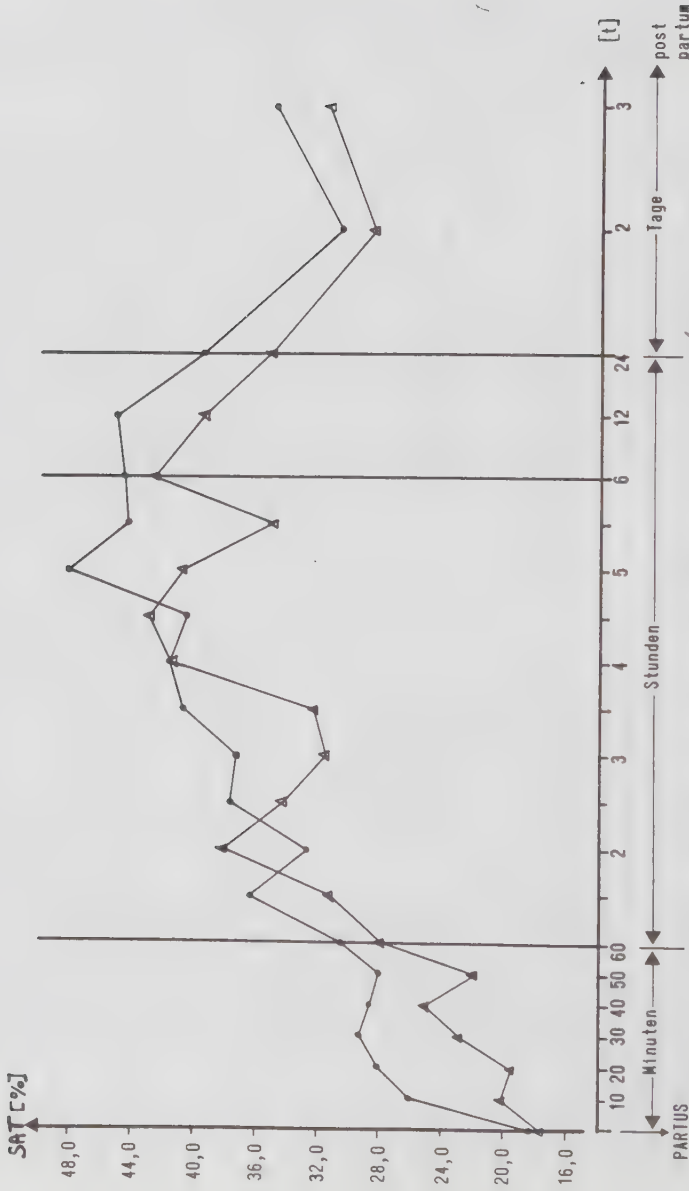


Abbildung 10: Verlauf der mittleren SAT-Werte on "lebensfrischen" (●) und "asphyktischen" (▲) Kälbern bis zu einem Alter von 3 Tagen.

3.2.2 Überprüfung der Gruppeneinteilung anhand der Ergebnisse der Verlaufsuntersuchung

Zur Überprüfung der Richtigkeit der Gruppeneinteilung wurde die Tabelle 25 erstellt. Versuchskälber, die bei 21 Messungen mehr als 14 mal (über 75%) über bzw. unter dem Medianwert des betreffenden Blutparameters lagen, wurden mit einem "+" gekennzeichnet. In diesen Fällen ist die Irrtumswahrscheinlichkeit für die Sicherheit, daß das betreffende Tier darüber bzw. darunter liegt, kleiner als 5%, wenn unterstellt wird, daß die Größenordnung der Parameterwerte in einzelnen Gruppen zufällig ist.

Aus der Tabelle 25 ist zu entnehmen, daß "lebensfrische" Kälber überwiegend 16 bis 21 mal (entspricht über 75%) über dem Median liegen, während die "asphyktischen" Kälber 10 bis 21 mal (entspricht mehr als 50%) unter dem Median liegen, 5 von 8 Kälbern sogar 16 bis 21 mal (entspricht mehr als 75%).

Dies ist der Fall bei den Parametern pH, BE, SBE, HCO_3^- , SBC und TCO_2 . Bei den Parametern pCO_2 , pO_2 sowie SAT besteht keine Übereinstimmung. Diese drei Parameter scheinen deshalb keine Indikatoren für die Einordnung "lebensfrisch" - "asphyktisch" zu sein. Damit wird andererseits bestätigt, daß es sinnvoll war, die Trennung der beiden Beurteilungsgruppen zwischen 6 und 7 Punkten vorzunehmen. Eine Aufteilung der Beurteilungsgruppen in Kälber mit 6 und mehr bzw. 5 und weniger Punkten erwies sich als nicht zweckmäßig. Das bestätigt noch zusätzlich die Richtigkeit der gewählten Grenze zwischen 6 und 7 Punkten.

Tabelle 25: Häufigkeiten der Blutwerte bei den einzelnen Kälbern, die von 21 gemessenen Zeitpunkten bei 7 und 8 Beurteilungspunkten (= "lebensfrisch") über und bei 4 bis 6 Beurteilungspunkten (= "asphyktisch") unter dem Median liegen. (Mit ⁺ sind alle Tiere markiert, die mehr als 14 Werte über bzw. unter dem Median aufweisen.)

Punkte	Tier-nr.	pH	BE	SBE	HCO ₃ ⁻	SBC	TCO ₂	pCO ₂	pO ₂	SAT
"lebensfrisch"	Häufigkeiten von Werten > Median									
	3	20 ⁺	18 ⁺	18 ⁺	17 ⁺	18 ⁺	16 ⁺	5	10	10
	11	19 ⁺	21 ⁺	21 ⁺	21 ⁺	21 ⁺	21 ⁺	10	4	4
	13	18 ⁺	20 ⁺	21 ⁺	21 ⁺	20 ⁺	21 ⁺	20 ⁺	18 ⁺	19 ⁺
	14	21 ⁺	21 ⁺	21 ⁺	21 ⁺	21 ⁺	21 ⁺	12	16 ⁺	19 ⁺
	4	1	1	1	2	2	2	17 ⁺	17 ⁺	13
	8	3	2	2	3	2	3	12	4	2
	9	20 ⁺	20 ⁺	20 ⁺	20 ⁺	20 ⁺	20 ⁺	5	7	13
	10	17 ⁺	20 ⁺	21 ⁺	21 ⁺	20 ⁺	21 ⁺	19 ⁺	10	15 ⁺
	12	17 ⁺	21 ⁺	21 ⁺	21 ⁺	21 ⁺	21 ⁺	20 ⁺	10	15 ⁺
"asphyktisch"	Häufigkeiten von Werten < Median									
	1	5	5	5	5	5	4	6	9	13
	5	12	15 ⁺	15 ⁺	16 ⁺	15 ⁺	17 ⁺	15 ⁺	7	10
	7	18 ⁺	11	13	10	14	11	5	18 ⁺	18 ⁺
	16	18 ⁺	19 ⁺	20 ⁺	21 ⁺	20 ⁺	21 ⁺	21 ⁺	6	12
	2	19 ⁺	21 ⁺	21 ⁺	21 ⁺	20 ⁺	21 ⁺	17 ⁺	19 ⁺	20 ⁺
	6	18 ⁺	21 ⁺	21 ⁺	21 ⁺	21 ⁺	20 ⁺	5	17 ⁺	20 ⁺
	15	16 ⁺	19 ⁺	21 ⁺	20 ⁺	19 ⁺	19 ⁺	18 ⁺	5	7
	17	19 ⁺	21 ⁺	21 ⁺	21 ⁺	21 ⁺	21 ⁺	19 ⁺	2	3

3.2.3 Beziehungen zwischen den Blutwerten der Kälber der zwei Beurteilungsgruppen unmittelbar post partum

Da, wie bereits erwähnt, nicht bei allen Kälbern eine vollständige Verlaufsuntersuchung mit 21 Meßzeitpunkten vorlag, werden im folgenden noch einmal die Blutwerte unmittelbar post partum von einer größeren Gesamtzahl an "lebensfrischen" und "asphyktischen" Kälbern ($n=24$) einander gegenübergestellt (siehe Tab.26). Da nichts gegen die Annahme einer annähernd symmetrischen Verteilung spricht, wurden die Daten nicht transformiert.

Wie Tabelle 26 zeigt, bestehen für die Parameter pH, BE, SBE, SBC, HCO_3^- und TCO_2 signifikante Unterschiede zwischen "lebensfrischen" und "asphyktischen" Kälbern.

Für die Parameter SAT, pCO_2 und pO_2 liegen keine statistisch gesicherten Unterschiede vor. Aus Tabelle 26 ist jedoch zu ersehen, daß die Mittelwerte der "asphyktischen" Kälber durchweg schlechter sind als diejenigen der "lebensfrischen" Kälber.

Tabelle 26: Mittelwerte ($\bar{x}$) und Standardabweichungen ($\pm S$) der Säure-Basen- und Blutgasparameter von "lebensfrischen" und "asphyktischen" Kälbern zur Zeit der Geburt.

	"lebensfrisch" n = 11	"asphyktisch" n = 13	
Parameter	$\bar{x}_1 \pm S$	$\bar{x}_a \pm S$	
pH	7,17 $\pm$ 0,06	7,05 $\pm$ 0,10	b.
SBC (mmol/l)	19,86 $\pm$ 2,84	15,01 $\pm$ 4,23	b.
SAT (%)	21,80 $\pm$ 9,27	18,98 $\pm$ 9,23	n.s.
SBE (mmol/l)	-2,00 $\pm$ 3,24	-8,61 $\pm$ 5,89	b.
BE (mmol/l)	-3,53 $\pm$ 3,58	-10,24 $\pm$ 5,99	b.
pCO ₂ (mmHg)	75,20 $\pm$ 6,19	76,90 $\pm$ 13,47	n.s.
pO ₂ (mmHg)	24,17 $\pm$ 4,58	26,18 $\pm$ 6,00	n.s.
HCO ₃ ⁻ (mmol/l)	25,47 $\pm$ 2,85	20,00 $\pm$ 5,23	b.
TCO ₂ (mmol/l)	27,48 $\pm$ 2,86	22,03 $\pm$ 5,41	b.

Für die Signifikanz des Unterschieds zwischen L und A gilt:

n.s. = nicht signifikant

a = p < 0,01

b = p < 0,05

c = p < 0,001

3.2.4 Blutgasmessungen bei den Muttertieren

Die Durchschnittswerte sowie Minimal- und Maximalwerte der Muttertiere im Verlauf der ersten 24 Stunden post partum sind in Tabelle 27 aufgeführt.

Wie aus den Spannen zwischen den Minimal- und Maximalwerten in der Tabelle hervorgeht, bestehen größere individuelle Unterschiede. Bei den Mittelwerten aller Parameter bestehen dagegen im Laufe der Untersuchung keine deutlichen Schwankungen.

Die mittleren pH-Werte liegen nahezu unverändert bei 7,31 mit Schwankungen von 7,29 bis 7,33.

Die $p\text{CO}_2$ - sowie die $p\text{O}_2$ -Durchschnittswerte variieren zwischen 43,07 mmHg bzw. 40,99 mmHg am Anfang und 51,53 mmHg bzw. 36,73 mmHg am Ende des Untersuchungszeitraumes. Der CO_2 -Partialdruck steigt dabei deutlich an.

Die Mittelwerte des aktuellen Bikarbonats (HCO_3^-) sowie des Standardbikarbonats (SBC) liegen zwischen 21,07 bzw. 20,42 mmol/l am Anfang und 25,03 bzw. 22,85 mmol/l nach 24 Stunden, wobei ein Anstieg im Verlauf des Untersuchungszeitraumes festzustellen ist.

Die BE- sowie SBE-Mittelwerte nehmen von -4,03 bzw. -3,91 mmol/l am Anfang auf -2,12 bzw. -1,84 mmol/l am Ende der Untersuchung ab.

Die TCO_2 -Mittelwerte steigen von 22,03 mmol/l am Anfang auf 24,51 mmol/l am Ende der Untersuchungszeit an.

Die mittleren SAT-Werte weisen im Laufe der Untersuchung keinen einheitlichen Trend auf.

Tabelle 27: Durchschnittliche ($\bar{x}$) sowie minimale und maximale pH-, pCO_2 (mmHg)-, pO_2 (mmHg)-, BE (mmol/l)-, SBE (mmol/l)-, HCO_3^- (mmol/l)-, SBC (mmol/l)-, TCO_2 (mmol/l)- und SAT (%) -Werte der Muttertiere (n = 25) innerhalb 24 Stunden post partum.

Zeitpunkt p.p.	pH-Wert $\bar{x}$ min./max.	pCO_2 $\bar{x}$ min./max.	pO_2 $\bar{x}$ min./max.	BE $\bar{x}$ min./max.	SBE $\bar{x}$ min./max.	HCO_3^- $\bar{x}$ min./max.	SBC $\bar{x}$ min./max.	TCO_2 $\bar{x}$ min./max.	SAT $\bar{x}$ min./max.
5 Min.	7,31 7,15/7,41	43,07 37,3 / 49,2	40,99 34,2 / 48,4	-4,03 -14,7 / 2,0	-3,91 -14,1 / 1,7	21,07 12,3 / 25,6	20,42 12,3 / 25,5	22,03 13,3 / 26,7	63,28 45,4 / 76,5
15 Min.	7,29 7,12/7,41	44,89 38,50/51,9	37,09 32,6 / 45,1	-4,71 -16,8 / 1,5	-4,81 -15,6 / 1,5	20,84 11,4 / 26,4	19,73 11,1 / 24,7	22,01 12,4 / 27,7	55,47 42,9 / 70,5
35 Min.	7,31 7,11/7,42	44,86 39,4 / 51,0	39,05 25,5 / 56,0	-3,88 -15,5 / 1,9	-3,62 -14,3 / 2,1	21,51 12,8 / 26,9	20,40 11,4 / 25,1	22,71 13,9 / 28,2	59,63 19,8 / 82,1
65 Min.	7,30 7,13/7,40	45,66 39,9 / 53,0	40,24 25,5 / 55,8	-4,01 -15,4 / 1,8	-3,70 -14,1 / 1,6	21,49 13,0 / 26,0	20,30 11,5 / 25,4	22,69 14,1 / 27,2	60,99 23,4 / 77,9
6 Std.	7,33 7,19/7,40	46,06 39,9 / 53,0	40,30 31,9 / 54,8	-1,63 -12,9 / 5,8	-1,33 -12,2 / 6,5	23,82 14,1 / 31,9	22,47 13,5 / 28,8	25,08 15,2 / 29,5	64,67 37,8 / 84,1
12 Std.	7,30 7,21/7,37	49,86 43,3 / 67,5	34,38 23,7 / 41,5	-2,65 -10,4 / 2,3	-2,02 -9,8 / 2,8	23,38 16,2 / 28,7	21,16 14,7 / 25,6	24,70 17,3 / 32,0	51,71 21,5 / 68,3
24 Std.	7,31 7,22/7,36	51,53 40,9 / 83,7	36,73 25,6 / 48,1	-2,12 -10,6 / 4,4	-1,84 -10,3 / 4,8	25,03 15,4 / 41,4	22,85 14,9 / 34,4	24,51 17,3 / 32,0	54,52 35,2 / 75,0

3.2.5 Vergleich der Blutwerte der Muttertiere von "lebensfrischen" und "asphyktischen" Kälbern unmittelbar post partum

Um Einflüsse vom Muttertier auf den Zustand des Kalbes zu ermitteln, wurde Anhand des t-Tests bei jedem untersuchten Parameter überprüft, ob zur Zeit der Geburt statistisch gesicherte Unterschiede zwischen den Muttertierwerten "lebensfrischer" ($\bar{x}_{M,l}$) und "asphyktischer" ($\bar{x}_{M,a}$) Kälber bestehen. Da nichts gegen die Annahme einer annähernd symmetrischen Verteilung spricht, wurden die Daten nicht transformiert.

Wie aus Tabelle 28 hervorgeht, unterscheiden sich alle untersuchten Parameter der Muttertiere der beiden Kälbergruppen nicht signifikant. Allerdings liegen die Mittelwerte der Mütter von "asphyktischen" Kälbern in der Tendenz immer schlechter.

Tabelle 28: Mittelwerte ($\bar{x}$) und Standardabweichung ($\pm S$) der Säure-Basen- und Blutgasparameter aller Mütter "lebensfrischer" ($\bar{x}_{M,l}$) und "asphyktischer" ($\bar{x}_{M,a}$) Kälber zur Zeit der Geburt.

	"lebensfrisch" n=8	"asphyktisch" n=14
Parameter	$\bar{x}_{M,l} \pm S$	$\bar{x}_{M,a} \pm S$
pH	7,36 $\pm$ 0,02	7,33 $\pm$ 0,08
SBC (mmol/l)	23,58 $\pm$ 1,05	21,81 $\pm$ 4,86
SAT (%)	67,24 $\pm$ 8,29	63,86 $\pm$ 8,89
SBE (mmol/l)	-0,01 $\pm$ 1,11	-2,25 $\pm$ 5,85
BE (mmol/l)	-0,10 $\pm$ 1,13	-2,43 $\pm$ 5,96
pCO ₂ (mmHg)	45,79 $\pm$ 2,52	44,74 $\pm$ 4,92
pO ₂ (mmHg)	41,50 $\pm$ 5,68	40,48 $\pm$ 5,19
HCO ₃ ⁻ (mmol/l)	24,60 $\pm$ 1,09	22,68 $\pm$ 5,40
TCO ₂ (mmol/l)	25,83 $\pm$ 1,14	23,67 $\pm$ 5,53

alle Unterschiede nicht signifikant

3.2.6 Beziehungen zwischen den Blutwerten der Kälber und der Muttertiere unmittelbar post partum

Um zu untersuchen, ob zur Zeit der Geburt eine Abhängigkeit der Säure-Basen- und Blutgaswerte der Kälber von denen der Muttertiere besteht, wurden der Korrelationskoeffizient (r), der Regressionskoeffizient (b) mit Standardabweichung ($\pm S_b$) sowie die Standardabweichung um die Regressionsgerade ($\pm S_{x/y}$) für alle Parameter berechnet, in Tabelle 29 aufgeführt und in den Abbildungen 11-14 teilweise graphisch dargestellt.

Eine hochsignifikante Beziehung besteht nach Tabelle 29 zwischen den Partuswerten der Kälber und ihrer Mütter für die Parameter HCO_3^- (siehe Abb.11) und TCO_2 , eine signifikante Korrelation für die Parameter BE (siehe Abb.12), SBE und SBC, eine schwach signifikante negative Korrelation bei dem Parameter pO_2 sowie keine signifikante Korrelation bei den Parametern pH (siehe Abb.13), pCO_2 (siehe Abb.14) und SAT.

Tabelle 29: Korrelationskoeffizienten (r), Regressionskoeffizienten (b) und Standardabweichungen ($\pm S_b$) sowie Standardabweichungen um die Regressionsgeraden ($\pm S_{x/y}$) der Blutparameter für die Beziehungen zwischen den Kälbern (y) und den Muttertieren (x) unmittelbar post partum. ($n=21$)

Parameter	r	$b \pm S_b$	$\pm S_{x/y}$
pH	0,34 n.s.	0,52 $\pm$ 0,33	$\pm$ 1,10
SBC (mmol/l)	0,61 **	0,66 $\pm$ 0,19	$\pm$ 3,54
SAT (%)	-0,42 n.s.	-0,46 $\pm$ 0,23	$\pm$ 8,60
SBE (mmol/l)	0,63 **	0,76 $\pm$ 0,22	$\pm$ 4,76
BE (mmol/l)	0,64 **	0,78 $\pm$ 0,22	$\pm$ 4,81
pCO ₂ (mmHg)	0,35 n.s.	0,91 $\pm$ 0,56	$\pm$ 10,61
pO ₂ (mmHg)	-0,43 *	-0,46 $\pm$ 0,22	$\pm$ 5,05
HCO ₃ ⁻ (mmol/l)	0,69 ***	0,79 $\pm$ 0,19	$\pm$ 3,83
TCO ₂ (mmol/l)	0,70 ***	0,81 $\pm$ 0,19	$\pm$ 3,84

n.s. = nicht signifikant

*: $p < 0,05$ = schwach signifikant

**: $p < 0,01$ = signifikant

***: $p < 0,001$ = hoch signifikant

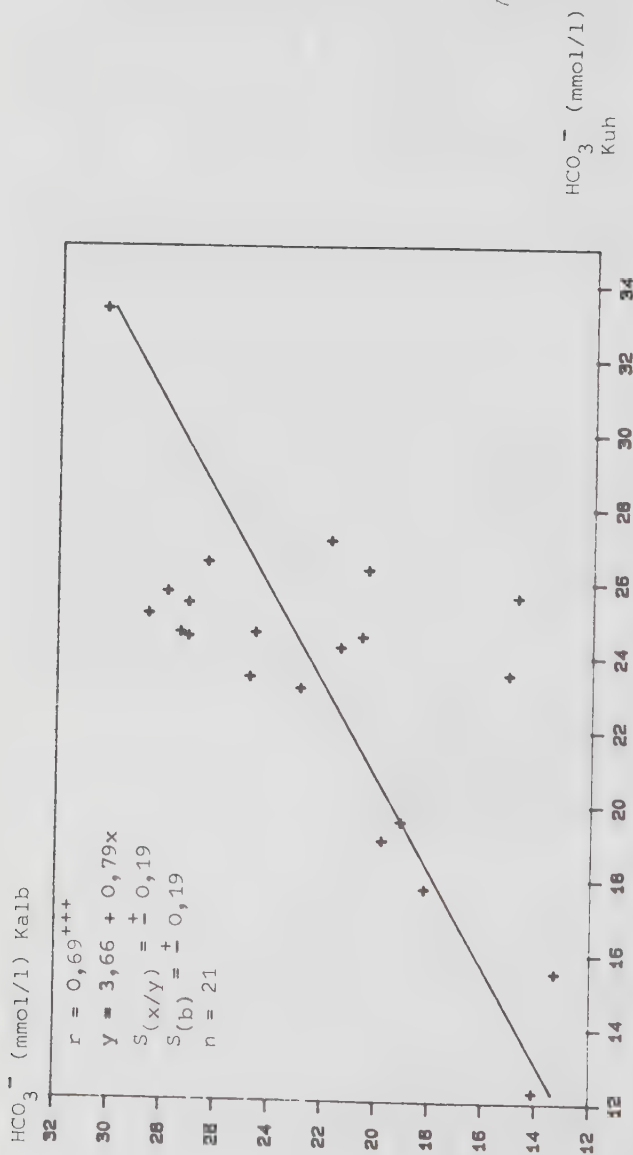


Abbildung 11: Beziehung zwischen den HCO_3^- -Werten der Kälber (y) und der Mütter (x) zum Zeitpunkt der Geburt.

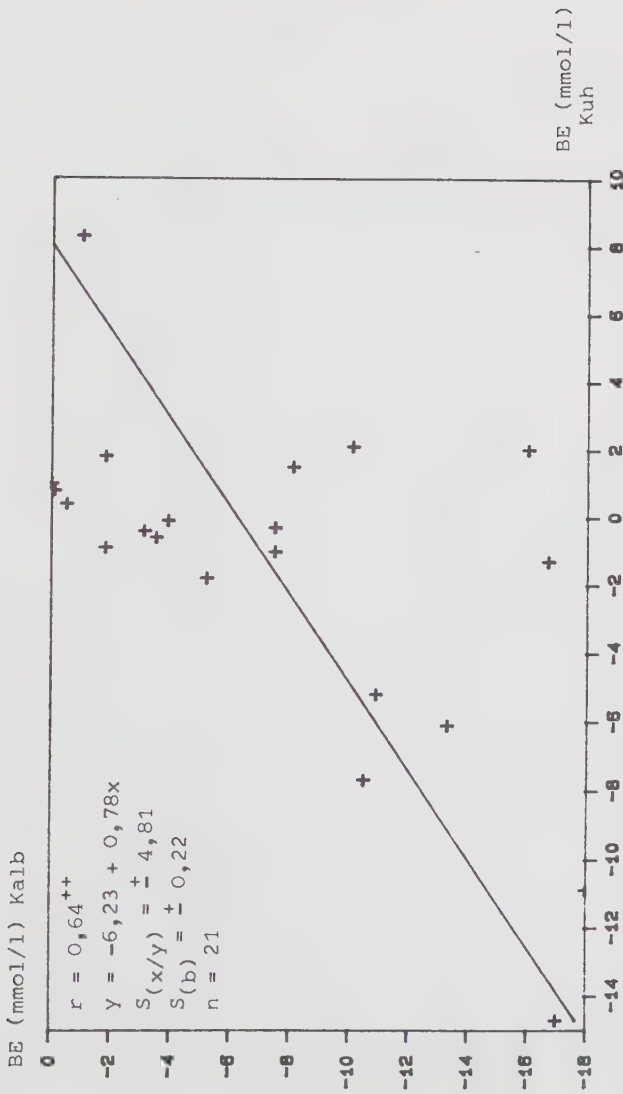


Abbildung 12: Beziehung zwischen den BE-Werten der Kälber (y) und der Mütter (x) zum Zeitpunkt der Geburt.

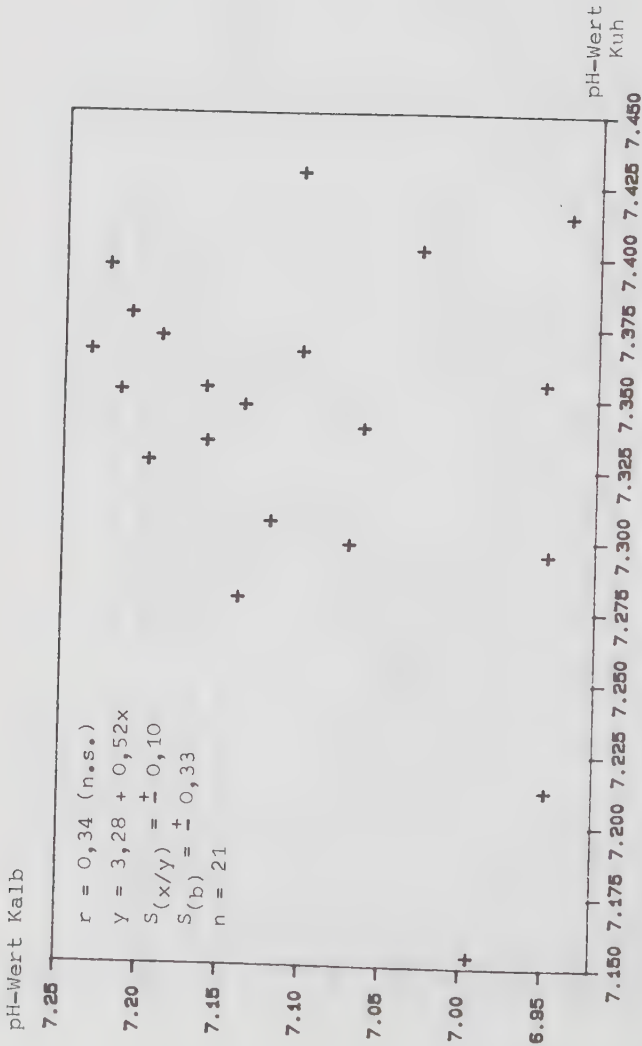


Abbildung 13: Beziehung zwischen den pH-Werten der Kälber (y) und der Mütter (x) zum Zeitpunkt der Geburt.

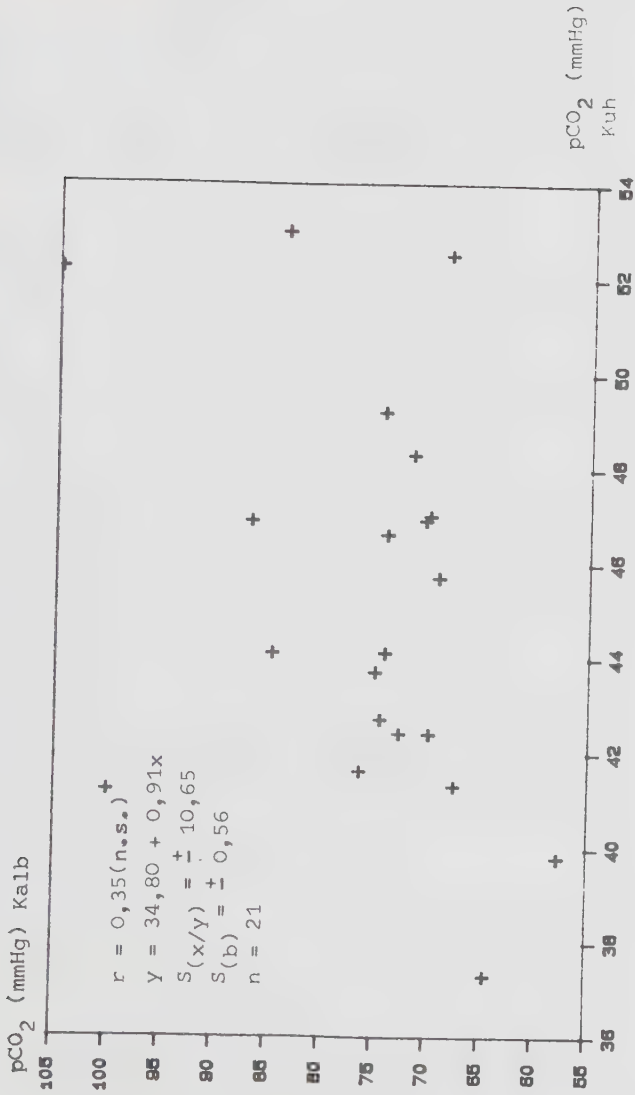


Abbildung 14: Beziehung zwischen den pCO₂-Werten der Kälber (y) und der Mütter (x) zum Zeitpunkt der Geburt.

3.2.7 Korrelationen einiger Blutparameter zueinander bei den Kälbern bis 30 Minuten post partum

Um die Zusammenhänge der untersuchten Parameter zu prüfen, wurden die Korrelationskoeffizienten (r) für alle Kälber innerhalb folgender Zeiten errechnet und in Tabelle 30 aufgeführt: Partus (r_0), 10 Minuten (r_{10}) sowie 30 Minuten (r_{30}) post partum.

Wie aus Tabelle 30 zu entnehmen ist, ergeben sich für die pH-Werte zu den Untersuchungszeitpunkten 0, 10 und 30 Min. p.p. hoch signifikante Korrelationen mit den BE-Werten und den HCO_3^- -Werten.

Die BE-Werte sind zu allen Untersuchungszeitpunkten auch mit den HCO_3^- -Werten hoch korreliert. Dasselbe gilt für die SAT- und pO_2 -Werte.

Die pCO_2 -Werte stehen zu keinem Meßzeitpunkt mit den pH- oder BE-Werten signifikant in Zusammenhang. Bei den SAT-Werten besteht 30 Minuten post partum eine signifikante Beziehung zu den pH- und den BE-Werten und eine schwach signifikante zu den HCO_3^- -Werten. Eine signifikante Beziehung der SAT-Werte zu den pCO_2 -Werten liegt nur 10 Minuten post partum vor.

Die Korrelationen zwischen den pCO_2 -Werten und den HCO_3^- - bzw. pO_2 -Werten sind 10 Minuten post partum signifikant, dagegen nach 30 Minuten nur schwach bzw. nicht signifikant.

Tabelle 30: Korrelationskoeffizienten (r) einiger Parameter zueinander zur Zeit der Geburt (r_0) sowie 10 Minuten (r_{10}) und 30 Minuten (r_{30}) post partum

Parameter	r_0 (n=24)	r_{10} (n=26)	r_{30} (n=25)
pH/HCO ₃ ⁻	0,835 ***	0,784 ***	0,913 ***
pH/SAT	0,287 n.s.	0,366 n.s.	0,601 **
pH/BE	0,926 ***	0,916 ***	0,958 ***
pH/pCO ₂	-0,252 n.s.	-0,130 n.s.	0,066 n.s.
SAT/BE	0,192 n.s.	0,115 n.s.	0,534 **
SAT/pCO ₂	-0,362 n.s.	-0,560 **	-0,179 n.s.
SAT/pO ₂	0,869 ***	0,935 ***	0,697 ***
SAT/HCO ₃ ⁻	0,111 n.s.	0,049 n.s.	0,490 *
BE/pCO ₂	0,107 n.s.	0,258 n.s.	0,332 n.s.
BE/HCO ₃ ⁻	0,974 ***	0,961 ***	0,988 ***
pCO ₂ /HCO ₃ ⁻	0,306 n.s.	0,500 **	0,454 *
pCO ₂ /pO ₂	-0,299 n.s.	-0,556 **	-0,168 n.s.

n.s. = nicht signifikant

*: $p < 0,05$ = schwach signifikant

**: $p < 0,01$ = signifikant

***: $p < 0,001$ = hoch signifikant

4. DISKUSSION

Die vorliegenden Untersuchungen unterscheiden sich von anderen Arbeiten über die Blutgase und die Säure-Basen-Verhältnisse bei neugeborenen Kälbern dadurch, daß die Messungen sub partu und post partum in enger Folge vorgenommen wurden. Dadurch sollten die Veränderungen der einzelnen untersuchten Parameter vor allem unmittelbar nach der Geburt genauer verfolgt werden.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden im Verlauf der ersten drei Lebenstage 21 Blutprobenentnahmen, d.h. Messungen durchgeführt. Davon wurden innerhalb der ersten 6 Lebensstunden bereits 17 bzw. innerhalb der ersten 24 Stunden p.p. 19 mal die Säure-Basen- und Blutgasparameter pH-Wert, BE, SBE, SBC, HCO_3^- , TCO_2 , pCO_2 , pO_2 und SAT gemessen (siehe Tab.14, S.39). Bei bisher bekannten Untersuchungen wurden höchstens 8 Messungen innerhalb von 24 Stunden post partum vorgenommen (MOORE, 1969; MÜLLING et al., 1972; AMMAN et al., 1974; MAURER-SCHWEIZER, 1977; PETSCHENIG, 1978; WAIZENHÖFER et al., 1978; MÜLLING et al., 1979; KÖPPE, 1980; RANDALL, 1971; WILHELM et al., 1978; BRENNER u. GÜRTLER, 1977; FISCHER u. TOUSSAINT, 1963; BERG u. DÖRRER, 1969; BEUTNAGEL et al., 1971).

Bei den eigenen Untersuchungen wurden die Kälber innerhalb einer Minute post partum nach dem von MÜLLING (1976) modifizierten "APGAR-Score" klinisch beurteilt (siehe Tab.13, S.39).

Aus praktischen Gründen und um einen Vergleich der Ergebnisse mit den Ergebnissen anderer Autoren zu ermöglichen, wurde venöses Blut gewonnen und untersucht.

Ein erstes Ziel dieser Arbeit war es, die Beziehung zwischen den subjektiv erteilten Beurteilungspunkten nach dem von MÜLLING (1976) modifizierten "APGAR-Score" und den objektiv gemessenen Parametern des Säure-Basen-Haushaltes zu ermitteln und dadurch die Anwendbarkeit des Bewertungssche-

mas aufzuzeigen. Die von MÜLLING (1976) gewählte Abstufung der Vitalität der Kälber nach Punkten (7 und 8 Punkte = "lebensfrisch", 4 bis 6 Punkte = "asphyktisch" oder "gefährdet", 0 bis 3 Punkte = "lebensschwach") ließ sich bestätigen und wurde deshalb weiterverwendet (siehe Kapitel 3.2.2).

Im einzelnen wurde anhand des CHI^2 -Testes eine deutliche Übereinstimmung zwischen den erteilten Punkten und den Parametern pH-Wert, BE, SBE, HCO_3^- , SBC und TCO_2 ermittelt. Kein Zusammenhang bestand zwischen den Beurteilungspunkten und dem pO_2 , pCO_2 sowie der SAT (siehe Kapitel 3.1.6).

Dies läßt sich dadurch erklären, daß die gut übereinstimmenden Parameter ein Ausdruck der momentanen metabolisch-azidotischen Lage darstellen und somit den wahren Zustand der Kälber anzeigen. Die Ausgangswerte sowie der Verlauf der respiratorischen Parameter pCO_2 , pO_2 und SAT haben zwar eine geringere Bedeutung für die augenblickliche Überlebenschancen der neugeborenen Kälber, sie spiegeln aber allein den Zustand der Lungen und das Ingangkommen der Lungenatmung wider. Sie können daher einen Hinweis auf eine Erstickungsgefahr geben.

Zur eingehenderen Information und um die individuellen Einflüsse aufzuzeigen, wurden in den Abbildungen 15 bis 23 im Anhang der Verlauf der einzelnen gemessenen Blutparameter aller Kälber über drei Tage graphisch dargestellt.

Die sehr unterschiedlichen Ausgangswerte der Einzeltiere sowie die Streuung der Blutwerte im Verlauf der Untersuchungen scheinen im ersten Augenblick zu verwirren. Es läßt sich aber doch die Tendenz erkennen, daß die Meßwerte am Anfang der Untersuchung für die metabolischen Parameter pH-Wert, BE, SBE, HCO_3^- , SBC und TCO_2 eine Trennung in zwei Gruppen ergeben. Nach der statistischen Auswertung zeigte sich, daß die Aufteilung in die Beurteilungsgruppen "lebensfrisch" (L) mit 7 und 8 Beurteilungspunkten und "asphyktisch" (A) mit 4 bis 6 Beurteilungspunkten auch den Ergebnissen der Blutuntersuchungen entsprach (siehe auch Kapitel 3.2.2).

Bevor die Untersuchungsergebnisse im einzelnen diskutiert werden, kann aufgrund derselben zunächst gesagt werden, daß unter Zugrundelegung der Tabelle 1 (S.7) von BEHREND (1977) bei "lebensfrischen" Kälbern (L) post partum eine teilweise kompensierte respiratorische und eine nicht kompensierte metabolische Azidose besteht. 20 Min. p.p. stellt sich eine kompensierte respiratorische und eine teilweise kompensierte metabolische Azidose ein. Dieser ermittelte Zustand einer gemischt respiratorisch-metabolischen Azidose der Kälber bei der Geburt mit einem postnatalen Säurehoch und allmählicher Adaptation stimmt mit den Ergebnissen anderer Autoren beim Kalb überein (MOORE, 1969; MÜLLING et al., 1972; AMMAN et al., 1974; MÜLLING, 1976; MAURER-SCHWEIZER u. WALSER, 1977; MAURER-SCHWEIZER et al., 1977a, 1977b; WAIZENHÖFER, 1977; EICHLER-STEINHAUFF, 1977; SCHLERKA et al., 1979; KÖPPE, 1980; EIGENMANN, 1981).

RANDALL (1971), WILHELM (1975), BRENNER und GÜRTLER (1977) und WILHELM et al. (1977, 1978) wiesen dieselben Verhältnisse beim Ferkel, ROSSDALE (1968) beim Fohlen und FISCHER und TOUSSAINT (1963), SALING (1966a, 1966b), BERG und DÖRRLER (1969) sowie BEUTNAGEL et al. (1971) beim Kind nach.

Bei den "asphyktischen" Kälbern (A) liegt zur Zeit des Partus dagegen eine nicht kompensierte gemischt respiratorisch-metabolische Azidose vor. 40 Minuten p.p. ist der metabolische Anteil dieser gemischten Azidose teilweise kompensiert. Der respiratorische Anteil ist im Gegensatz zu "lebensfrischen" Kälbern erst mehr als eine Stunde später (1,5 Std. p.p.) teilweise kompensiert. Erst 3,5 Std. p.p. liegen bei den "asphyktischen" Kälbern (A) eine kompensierte respiratorische und eine teilweise kompensierte metabolische Azidose vor - bei den "lebensfrischen" Kälbern (L) hingegen schon 20 Minuten post partum.

Das hier ermittelte Ergebnis über den Ablauf der Kompensation der Geburtsazidosen entspricht den Untersuchungen von AMMAN et al. (1974) an Kälbern, BEUTNAGEL et al. (1971) an

Kindern und WILHELM et al. (1976) an Ferkeln.

Bei den eigenen Untersuchungen lagen die pCO_2 -Werte der Kälber (siehe Tab.18, S.55) über den gesamten Untersuchungszeitraum von 3 Tagen durchweg deutlich höher als die pCO_2 -Mittelwerte der Muttertiere (siehe Tab.28, S.79). Es kann hier angenommen werden, daß die vorhandene metabolische Azidose zumindest innerhalb der ersten drei Lebensstage nicht völlig kompensiert wird (siehe Tab.1, S.7).

In Übereinstimmung mit AMMAN et al. (1974), MAURER-SCHWEIZER und WALSER (1977), MOORE (1969) und MÜLLING et al. (1972) konnte auch durch die eigenen Untersuchungen nachgewiesen werden, daß bei "asphyktischen" Kälbern nach der Geburt eine wesentlich ausgeprägtere metabolische Azidose vorliegt als bei "lebensfrischen" Kälbern (siehe Abb.4, 7, 8 und 9).

Die respiratorische Azidose ist bei den "asphyktischen" Kälbern dagegen zu keinem Untersuchungszeitpunkt stärker als bei den "lebensfrischen" Kälbern (siehe Abb.5, 6 und 10).

Da die Zahl der untersuchten Kälber relativ klein ist, haben die Signifikanzen der statistischen Tests zwar nur eine beschränkte Aussagekraft, die Tatsache aber, daß die ermittelten Ergebnisse mit den Angaben in der Literatur übereinstimmen - soweit sie vergleichbar sind -, erlaubt doch eine gewisse Verallgemeinerung der Untersuchungsergebnisse.

Nach der allgemeinen Wertung soll im folgenden auf die Ergebnisse für die einzelnen Parameter näher eingegangen werden, wie sie in den Abbildungen 4 bis 10 graphisch dargestellt wurden.

Der Verlauf der pH-Werte post partum (siehe Tab.16, S.49) gibt an, inwieweit es dem Organismus gelingt, eine bei der Geburt bestehende Azidose bzw. eine Alkalose zu kompensieren.

Die "lebensfrischen" Kälber vorliegender Untersuchung wurden mit einem mittleren pH-Wert von 7,16 (7,04 bis 7,22)

gehören, der nicht als sehr unphysiologisch niedrig anzusehen ist. Dies paßt ins Bild einer teilweise kompensierten respiratorischen Azidose.

Nach der Normalisierung des Kreislaufes post partum kommt es im Normalfall durch die Aufhebung der "Sparschaltung" (SALING, 1966a) und durch die Einschleusung saurer Stoffwechselprodukte aus der anaeroben Glykolyse der peripheren Gewebe zu einer metabolischen Azidose, d.h. zu einem Abfall des pH-Wertes. Dieser Abfall dauerte bei den "lebensfrischen" Kälbern 10 Minuten. Nach weiteren 10 Minuten stieg der pH-Werte durch eine respiratorische Kompensation bereits wieder auf die Höhe des Partus-Wertes deutlich an. Danach folgt ein stetiger Anstieg des pH-Wertes, so daß schon etwa 1 Stunde p.p. der pH-Wert des mütterlichen Blutes erreicht war.

Bei den "asphyktischen" Kälbern lag schon der durchschnittliche pH-Wert unmittelbar post partum mit 7,00 (6,94 bis 7,14) signifikant niedriger als bei den "lebensfrischen" Kälbern und blieb bis 20 Min. p.p. etwa auf dieser Höhe. Erst danach stieg der pH-Wert wieder an und erreichte die mütterlichen pH-Werte verzögert etwa 2,5 Std. p.p. Im Mittel blieben die pH-Werte der "asphyktischen" Kälber über die gesamte Untersuchungsdauer von 3 Tagen immer unter denen der "lebensfrischen" Kälber.

Der fehlende Abfall des pH-Wertes bei den "asphyktischen" Kälbern kann dadurch erklärt werden, daß bei "asphyktischen" Kälbern wahrscheinlich schon intra partum ein ausgeprägter azidotischer Zustand besteht, der u.a. in dem sehr niedrigen pH-Wert post partum zum Ausdruck kommt. Zu diesem Zeitpunkt sind bereits alle Regelmechanismen der Kompensation in vollem Gange, so daß es nicht wie bei den "lebensfrischen", ohne ausgeprägte Azidose geborenen Kälbern zu einem weiteren Absinken der pH-Werte kommt.

Die verzögerte Normalisierung (Anstieg) der pH-Werte bei den "asphyktischen" Kälbern dürfte durch eine verzögerte

Einschleusung saurer Stoffwechselprodukte infolge des schlechteren Kreislaufzustandes dieser Tiere bedingt sein.

Beim Plasmabikarbonat (HCO_3^-) (siehe Tab.19, S.58) ergab sich für beide Kälbergruppen ein den pH-Werten analoger Verlauf, wobei die Unterschiede zwischen "lebensfrischen" und "asphyktischen" Kälbern in den ersten 30 Minuten besonders deutlich sind. Die "lebensfrischen" Kälber werden, wie schon erwähnt, nach den Ergebnissen vorliegender Untersuchungen mit einer teilweise kompensierten respiratorischen Azidose geboren. Dies bedingt eine Zunahme aller metabolischen Parameter, so auch des Bikarbonates. Folglich liegen alle HCO_3^- -Werte während des Untersuchungszeitraumes hoch, trotz eines kurzfristigen Abfalles durch die Einschleusung saurer Stoffwechselprodukte, die abgepuffert werden und Bikarbonat verbrauchen. Diesen Abfall des HCO_3^- -Wertes bis 10 Min. p.p. stellen auch MAURER-SCHWEIZER et al. (1977a) fest.

Wie bereits angeführt, liegen bei den "asphyktischen" Kälbern die HCO_3^- -Werte nicht nur gegenüber den "lebensfrischen" Kälbern, sondern auch im Vergleich zu den Muttertieren erheblich niedriger. Die Ursache hierfür dürfte eine nicht kompensierte gemischte Azidose sein, die sich bis etwa 20 Min. p.p. verstärkt. Danach steigt der HCO_3^- -Wert durch die kompensatorischen Vorgänge langsam an, um erst nach etwa 2,5 Std. p.p. die Werte des mütterlichen Blutes zu erreichen.

Das Standardbikarbonat (SBC) (siehe Tab.20, S.61) ist die Bikarbonatkonzentration ohne Einfluß des aktuellen pCO_2 . Somit stellen die Werte für das SBC die wahren Verhältnisse der metabolisch-azidotischen Stoffwechsellage dar. Je nach Einschleusung der sauren Stoffwechselprodukte liegt der SBC-Wert mehr oder weniger hoch, da er die Größe der jeweils vorhandenen Pufferkapazität darstellt.

Wie die Untersuchungen ergaben und aus der Abbildung 7 (siehe S.59) ersichtlich ist, verhalten sich die Verlaufs-

kurven des Standardbikarbonates der "lebensfrischen" und "asphyktischen" Kälber völlig identisch mit den Kurven für das Bikarbonat, nur in niedrigeren Bereichen.

Die Basenabweichung (BE) (siehe Tab.21, S.63) weist weder eine physikalisch-chemische Abhängigkeit vom pCO_2 noch eine Beeinflussung durch den Hämoglobingehalt auf. Der BE ist daher nach MÜLLER-PLATHE (1973) der geeignetste Maßstab für die Berechnung der therapeutischen Dosis zur Korrektur metabolischer Störungen des Säure-Basen-Gleichgewichts. Sie gibt direkt an, wieviel mmol Base pro Liter Blut überschüssig oder zu wenig vorhanden sind. SBE ist der Basenüberschuß in vivo und wird vom BE nach der Formel $SBE = BE_{Hb=6g\%}$ abgeleitet. Mit Hilfe der BE- und SBE-Werte kann somit das Ausmaß der metabolischen Störung beschrieben werden.

Auch die Verlaufskurven der BE- und SBE-Werte zeigen analog zu den bereits beschriebenen Untersuchungsergebnissen bezüglich pH-Wert und Bikarbonat- bzw. Standardbikarbonat-Gehalt für die "asphyktischen" Kälber eine deutliche metabolische Azidose, die nur langsam kompensiert wird.

Da nach MÜLLER-PLATHE (1973) der Gesamt- CO_2 -Gehalt (TCO_2) (siehe Tab.23, S.68) nur bei sicher normalem CO_2 -Partialdruck (pCO_2) eine Aussagekraft hat, können und dürfen die bei den vorliegenden Untersuchungen festgestellten TCO_2 -Gehalte nicht beurteilt werden, denn der pCO_2 der untersuchten Kälber ist zu allen Untersuchungszeitpunkten mehr oder weniger erhöht (siehe Tab.17, S.52).

Die unmittelbar post partum in beiden Untersuchungsgruppen vorliegende Hyperkapnie (hoher CO_2 -Partialdruck) läßt sich durch ungenügenden Gasaustausch über die Lunge zu diesem Zeitpunkt erklären. Die Tatsache, daß sowohl bei "lebensfrischen" als auch bei "asphyktischen" Kälbern eine Hyperkapnie bestand, macht deutlich, daß dieser Parameter hier keine Beziehung zum Gesundheitszustand der Kälber hat. Dies konnte auch anhand des Vergleiches der Häufigkeit über bzw. unter dem Median liegender Blutwerte bei "lebensfrischen" und

"asphyktischen" Kälbern nachgewiesen werden (siehe Tab.25, S.74).

Den geringen, bei den eigenen Untersuchungen statistisch nicht zu sichernden Anstieg der $p\text{CO}_2$ -Werte unmittelbar nach der Geburt konnten MOORE (1969) und MAURER-SCHWEIZER et al. (1977a) bei "lebensfrischen" Kälbern, ROSSDALE (1968) beim Fohlen sowie FISCHER und TOUSSAINT (1963) und BERG und DÖRRLER (1969) beim Kind ausgeprägter feststellen.

Die $p\text{CO}_2$ -Mittelwerte beider Kälbergruppen fallen innerhalb der ersten 40 Lebensminuten deutlich (um etwa 14 mmHg) ab. Bis zum Untersuchungsende am dritten Lebenstag treten dann keine wesentlichen Schwankungen mehr auf; die Werte bleiben gegenüber den ermittelten Muttertierwerten erhöht.

Auch das Fohlen hat nach 42 Lebensstunden den Erwachsenen-normbereich für den $p\text{CO}_2$ noch nicht erreicht (ROSSDALE, 1968), während dies beim Ferkel innerhalb der ersten Lebensstunde (WILHELM, 1975) und beim Kind innerhalb der ersten beiden Lebensstunden der Fall ist (BERG u. DÖRRLER, 1969; BEUTNAGEL et al., 1971).

Die Verlaufskurven der Mittelwerte des Sauerstoff-Partialdruckes ($p\text{O}_2$) (siehe Tab.18, S.55) lassen in Übereinstimmung mit KÖPPE (1980) keine Unterschiede zwischen den beiden Untersuchungsgruppen erkennen (siehe Abb.6, S.56). Der größte Unterschied besteht zum Geburtszeitpunkt. Er ist jedoch nicht signifikant. Die während des gesamten Untersuchungszeitraumes auftretenden stärkeren Schwankungen in beiden Versuchsgruppen dürfte nach BERG und DÖRRLER (1969) ein Ausdruck der Instabilität während der Adaptationsphase sein. Die Untersuchungsergebnisse zeigen aber auch, daß der $p\text{O}_2$ keinerlei Einfluß auf den Säure-Basen-Haushalt der Kälber hat. Weiterhin ist erwähnenswert, daß die $p\text{O}_2$ -Mittelwerte sowohl der "lebensfrischen" als auch der "asphyktischen" Kälber während der gesamten Untersuchungszeit unter den Werten der Muttertiere liegen. Damit bestehen beim Kalb die gleichen Verhältnisse wie beim Säugling, bei dem die Anglei-

chung des O_2 -Partialdruckes an die Erwachsenenwerte erst nach dem 12. Lebensmonat erfolgt. Die Gründe dafür sind nach MÜLLER-PLATHE (1973) sowohl eine alveoläre Hypoventilation als auch Verteilungs- und Diffusionsstörungen.

Auch die Sauerstoffsättigung (SAT) (siehe Tab.24, S.71) der "lebensfrischen" und "asphyktischen" Kälber unterscheidet sich weder in der absoluten Höhe noch hinsichtlich des Verlaufes während der ersten drei Lebenstage. Die Werte beider Gruppen bleiben dabei immer deutlich unter den Werten, die bei den Muttertieren ermittelt wurden. Bei den eigenen Untersuchungen wurde anhand der Sauerstoffsättigung in weitgehender Übereinstimmung mit SCHLERKA et al. (1979) in beiden Gruppen eine stetige Verbesserung der O_2 -Versorgung festgestellt.

Bemerkenswert ist weiterhin eine relativ große Streuung der Meßwerte. Dasselbe stellen WAIZENHÖFER (1977), MÜLLING et al. (1979) und KÖPPE (1980) beim Kalb und SALING (1966b) beim Kind heraus. Nach der Ansicht von SALING sind diese beträchtlichen Schwankungen der Einzelwerte auf das noch labile physiologische Stoffwechselgeschehen beim Neugeborenen während der Adaptationsphase zurückzuführen. KÖPPE (1980) meint, daß die Streuung auf die verschiedenartigen geburtshilflichen Manipulationen und die unterschiedlich lange Eröffnungsphase zurückzuführen ist. Dabei dürften auch die variierende Austreibungsphase sowie die unterschiedliche azidotische Ausgangslage der Feten ante partum eine Rolle spielen.

Äußere Einflüsse dürften bei den eigenen Untersuchungen nicht zur Vergrößerung der Streuung beigetragen haben, da Hauptfehlerquellen ungenauer Ergebnisse nach HASKINS (1977b) wie Probengewinnung durch verschiedene Personen, Auswertung durch verschiedene Analyser, wechselnde Mengen der Antikoagulantien, verschiedene Blutentnahmestellen (Venen, Arterien, Kapillaren) und zu lange Aufbewahrung bei Raumtemperatur (>12 Min.) bzw. im Eiswasser (>3,5 Std.) ausgeschaltet

wurden. Zur Sicherheit der Messungen trug auch bei, daß der verwendete Analyzer die Meßergebnisse auf die jeweiligen Körpertemperaturen der Probanden korrigierte.

Um zu untersuchen, ob es möglich ist, von den Blutwerten der Muttertiere (siehe Tab.27, S.78) zur Zeit der Geburt auf den Grad der azidotischen Lage des Kalbes zu schließen, wurden die Korrelationskoeffizienten für die Beziehungen zwischen den Partuswerten der Kälber und ihren Müttern für alle Parameter errechnet. Für den Bikarbonatgehalt und den Basenüberschuß wurden zwar signifikante Korrelationen mit $r=0,69$ bzw. $r=0,64$ errechnet. Aus den Abbildungen 11 und 12 (siehe S.82 und 83) läßt sich aber schon optisch aus dem Kurvenverlauf und aus der angegebenen hohen Standardabweichung um die Regressionsgerade sowie der hohen Standardabweichung des Regressionskoeffizienten erkennen, daß die Übereinstimmung zu gering ist, um eine einigermaßen gesicherte Aussage über den Zustand des Kalbes machen zu können. Dies bestätigt sich für den pH-Wert schon an dem niedrigen, nicht signifikanten Korrelationskoeffizienten. Die Ergebnisse dieser Korrelations- und Regressionsrechnungen zeigen andererseits ebenso wie das Fehlen eines Unterschiedes zwischen den Blutwerten der Mütter "lebensfrischer" und "asphyktischer" Kälber, daß der Zustand der Kälber während der Geburt nicht vom Blutstatus des Muttertieres, sondern lediglich vom Geburtsablauf abhängt.

Bei der Überprüfung der Zusammenhänge zwischen den Parametern (siehe Kapitel 3.2.7; Tab.30, S.87) ergaben sich hohe Korrelationskoeffizienten für die Beziehung zwischen den pH-Werten einerseits und den BE^- und HCO_3^- -Werten andererseits von $r=0,926^{***}$ bzw. $r=0,974^{***}$. Da auch, wie oben erwähnt, eine hohe Korrelation zwischen den Beurteilungspunkten und den pH-Werten besteht, wäre anhand der Bewertung nach MÜLLINGs modifiziertem APGAR-Score und der Messung des pH-Wertes im Serum (Lackmuspapier) eine gute Beurteilung des Gesundheitszustandes neugeborener Kälber möglich.

WALSER und MAURER-SCHWEIZER (1978) unterscheiden zwischen mittelgradiger und hochgradiger Asphyxie der Neugeborenen, was den zwei Beurteilungsgruppen "gefährdet/asphyktisch" und "stark gefährdet/lebensschwach" in den eigenen Untersuchungen entspricht. Nach WALSER und MAURER-SCHWEIZER (1978) tritt ohne Therapie bei den mittelgradigen asphyktischen Kälbern eine verzögerte Normalisierung des Säure-Basen-Haushaltes gegenüber lebensfrischen Neugeborenen ein, während die stark asphyktischen Kälber eine so hochgradige Azidose aufweisen, daß eine Rückkehr in den Normalbereich ohne entsprechende Behandlungsmaßnahmen nicht mehr möglich ist. Diese Meinung entspricht den Schlußfolgerungen, die den eigenen Untersuchungen entnommen werden können. Die vier Kälber der Gruppe "lebensschwach" aus dem eigenen Untersuchungsmaterial konnten in dieser Arbeit nicht berücksichtigt werden, da lebensrettende Therapiemaßnahmen eingeleitet werden mußten. Diese Kälber wiesen zum Zeitpunkt der Geburt alle einen Blut-pH-Wert von 7,00 und weniger auf.

Bei der Anwendung des Beurteilungsschemas von MÖLLING (1976) unter praktischen Bedingungen kann man aufgrund der Ergebnisse davon ausgehen, daß bei einem neugeborenen Kalb mit 7 oder 8 Beurteilungspunkten und mit einem pH-Wert im Blut von $>7,1$ unmittelbar nach der Geburt keine therapeutischen Hilfsmaßnahmen notwendig sind.

Neugeborene Kälber mit 4, 5 oder 6 Beurteilungspunkten und einem pH-Wert zwischen 7,0 und 7,1 bedürfen einer genauen Beobachtung und einer sogenannten Reanimation (Kaltwasserdusche, Abreiben, Freihaltung der Atemwege, Beatmung), um die Überlebenschancen zu verbessern.

Es muß betont werden, daß diese schlußfolgernde Empfehlung nur als eine Richtlinie aufgefaßt werden sollte, da zwischen den pH-Werten und den Beurteilungspunkten zwar eine hohe Korrelation besteht, im Einzelfall aber andere Verhältnisse vorliegen können.

Kälber mit 3 oder weniger Punkten und/oder einem pH-Wert

unter 7,0 benötigen in jedem Falle intensive Hilfsmaßnahmen in Form der Applikation von Atmungsstimulantien (z.B. Respirot^R) sowie durch die oben erwähnte Reanimation und durch Infusionen von Pufferlösungen, um die erschöpften Pufferreserven aufzufüllen.

Nach neueren Erkenntnissen (WALSER und MAURER-SCHWEIZER, 1978) sind zentrale Analeptika bei leichter Asphyxie entbehrlich, bei schwerer Azidose zwecklos oder sogar kontraindiziert. Es werden statt dessen Vasodilatoren empfohlen, um die in der Azidose bestehende Vasokonstriktion der Blutgefäße in der Lunge aufzuheben und dadurch die Durchblutung der Lunge zu steigern und den Gasaustausch in den Alveolen zu erleichtern. Dabei werden z.B. Perphyllon^R oder Alupent^R mit vasodilatatorischer und bronchospasmolytischer Wirkung angewendet.

In oben zitierter Arbeit (WALSER u. MAURER-SCHWEIZER, 1978) werden zwei Puffer zur Behandlung einer Azidose empfohlen: Natriumbikarbonatpuffer 8,4% und Trispuffer 7%; 5-7 ml/kg Körpergewicht langsam intravenös. Nach der Meinung der Autoren ist Trispuffer das Mittel der Wahl bei Asphyxie, da für eine Anwendung von Natriumbikarbonatpuffer eine ungestörte Atmung Voraussetzung ist und es andernfalls zu einer Anhäufung von CO₂ und einer weiteren Aziditätssteigerung kommt.

MICHAELIS (1982) vertritt die Meinung, daß wiederholte Trispuffergaben in kürzeren Zeitabständen die Gefahr einer Kumulation dieses Mittels bewirkt. Die Autorin empfiehlt deshalb eine Kombination von 150 ml 0,3 molarem Trispuffer und 90 ml 8,4%igem Natriumhydrogenkarbonat zur Therapie einer Geburtsasphyxie. WALSER und MAURER-SCHWEIZER (1978) empfehlen unbedingt eine gleichzeitige Verabreichung von 5-10%iger Glukoselösung zur Auffüllung der erschöpften Energiereserven.

Abschließend soll herausgestellt werden, daß es aufgrund der vorliegenden Untersuchungsergebnisse bei den Blutwerten

unmittelbar nach der Geburt unter Einbeziehung des klinischen Beurteilungsschemas von MÜLLING (1976) sinnvoll und vorteilhaft ist, Kälber möglichst unmittelbar nach der Geburt einer klinischen Überprüfung und Beurteilung zu unterziehen. Dadurch kann eine gefährliche Azidose frühzeitig erkannt und eine gezielte Therapie eingeleitet werden. Die Voraussetzung dafür bietet das von MÜLLING (1976) aus dem APGAR-Score entwickelte Beurteilungsschema, für das gezeigt werden konnte, daß es eine recht genaue Feststellung des klinischen Zustandes ermöglicht und ohne technischen Aufwand nur mit Hilfe der klinischen Beobachtung durchführbar ist.

5. ZUSAMMENFASSUNG

Bei 25 per vias naturales geborenen Kälbern von klinisch gesunden Kühen der Rasse "Deutsche Schwarzbunte" wurde innerhalb 1 Minute post partum eine Beurteilung des klinischen Zustandes nach dem von MÜLLING (1976) entwickelten Punktschema durchgeführt (siehe Tab.13, S.38).

Die Kälber wurden je nach Punktezahl in die drei Gruppen "lebensfrisch" mit 7 und 8 Punkten, "asphyktisch" mit 4 bis 6 Punkten und "lebenschwach" mit 3 oder weniger Punkten eingeteilt (siehe Tab.15, S.42).

Diese, von MÜLLING (1976) gewählte Abstufung der Vitalität der Kälber nach Punkten ließ sich bestätigen.

Die Gruppe "lebenschwach" konnte nicht berücksichtigt werden, da lebensrettende Therapiemaßnahmen eingeleitet werden mußten. Diese Kälber wiesen zum Zeitpunkt der Geburt alle einen Blut-pH-Wert von 7,00 und weniger auf.

Zur Feststellung des Verlaufs der Blutgaswerte und des Säure-Basen-Haushaltes wurden 21 Blutproben innerhalb der drei ersten Lebenstage aus der Vena jugularis entnommen (siehe Tab.14, S.39).

Folgende Parameter wurden bei der Blutanalyse mit Hilfe des Blutgasvollautomaten ABL 2 gemessen bzw. errechnet: pH-Wert, $p\text{CO}_2$, $p\text{O}_2$, HOC_3^- , TCO_2 , BE, SBE, SBC sowie SAT.

Signifikante Korrelationen bestehen zwischen den Beurteilungspunkten nach MÜLLING (1976) und den Parametern pH-Wert, TCO_2 , HCO_3^- , SBC, BE sowie SBE. Keine Beziehungen bestehen für die übrigen Parameter $p\text{O}_2$, $p\text{CO}_2$ und SAT (siehe Kapitel 3.1.6).

Bei den "lebensfrischen" bzw. "asphyktischen" Kälbern wurden folgende Partusmittelwerte sowie Mittelwerte am dritten Lebenstag ermittelt:

pH-Wert; 7,16 bzw. 7,00 sowie 7,32 bzw. 7,27
(siehe Tab.16, S.49)

pCO ₂ ;	77,06 bzw. 73,39 mmHg sowie 58,94 bzw. 56,05 mmHg (siehe Tab.17, S.52)
pO ₂ ;	22,54 bzw. 26,86 mmHg sowie 25,91 bzw. 26,25 mmHg (siehe Tab.18, S.55)
HCO ₃ ⁻ ;	25,48 bzw. 16,34 mmol/l sowie 28,79 bzw. 24,45 mmol/l (siehe Tab.19, S.58)
SBC;	19,45 bzw. 11,89 mmol/l sowie 25,20 bzw. 21,63 mmol/l (siehe Tab.20, S.61)
BE;	-3,01 bzw. -14,53 mmol/l sowie 2,44 bzw. -1,90 mmol/l (siehe Tab.21, S.63)
SBE;	-2,16 bzw. -12,76 mmol/l sowie 3,07 bzw. -1,40 mmol/l (siehe Tab.22, S.66)
TCO ₂ ;	27,54 bzw. 18,29 mmol/l sowie 30,36 bzw. 25,93 mmol/l (siehe Tab.23, S.68)
SAT;	18,36 bzw. 17,71% sowie 34,91 bzw. 31,41% (siehe Tab.24, S.71)

Bei den Muttertieren wurden folgende Mittelwerte 5 Min. p.p. bzw. 24 Std. p.p. ermittelt (siehe Tab.27, S.78):

pH-Wert;	7,31 bzw. 7,31
pCO ₂ ;	43,07 bzw. 51,53 mmHg
pO ₂ ;	40,99 bzw. 36,73 mmHg
HCO ₃ ⁻ ;	21,07 bzw. 25,03 mmol/l
SBC;	20,42 bzw. 22,85 mmol/l
BE;	-4,03 bzw. -2,12 mmol/l
SBE;	-3,91 bzw. -1,84 mmol/l
TCO ₂ ;	22,03 bzw. 24,51 mmol/l
SAT;	63,28 bzw. 54,52%

Keine signifikanten Unterschiede bestehen zwischen den Muttertierwerten "lebensfrischer" und asphyktischer" Kälber (siehe Tab.28, S.79).

Hoch signifikante Korrelationen bestehen zwischen den pH-Werten einerseits und den BE- bzw. HCO₃⁻-Werten andererseits

(Korrelationskoeffizient $r_0=0,926$ bzw. $r_0=0,974$; siehe Tab.30, S.87).

Die Beziehungen zwischen den Blutwerten der Kälber und der Muttertiere unmittelbar post partum sind gering (siehe Tab.29, S.81).

6. SUMMARY

Twenty-five naturally-born calves of clinically healthy cows of the race "Deutsche Schwarzbunte", were examined (using the point scheme developed by MÖLLING, 1976) within ohne minute post partum for their clinical condition (see Table 13, p.38).

According to the number of points reached, the calves were categorized into three groups: "vital" (7 or 8 points), "asphyxic" (4 to 6 points), and "feeble" (3 points or less) (see Table 15, p.42).

This categorization of the vitality of calves according to points reached (cf. MÖLLING, 1976) has proven valid.

The calves of the group "feeble" could not be considered for testing purposes, as life-saving measures had to be initiated. At the time of birth, the blood of these calves had a pH value of 7.00 or less.

In order to determine the development of the blood gas values and that of the acid-base balance, 21 blood samples were taken from the vena jugularis (jugular vein) during the first three days of life (see Table 14, p.39).

After the blood analysis the following parameters were measured or calculated with the help of the blood gass automat ABL 2: pH value, pCO_2 , pO_2 , HCO_3^- , TCO_2 , BE, SBE, SBC, and SAT.

Significant correlations were found between MÖLLING's (1976) categorization and the parameters pH value, TCO_2 , HCO_3^- , SBC, BE, and SBE, while the remaining parameters, pO_2 , pCO_2 , and SAT, do not correspond with his scheme (see Chapter 3.1.6).

The "vital" and "asphyxic" calves showed the following partus mean and mean values on the third day of life, respectively:

pH value: 7.16 and 7.00; 7.32 and 7.27

(see Table 16, p.49)

pCO ₂ :	77.06 and 73.39 mmHg; 58.94 and 56.05 mmHg (see Table 17, p.52)
pO ₂ :	22.54 and 26.86 mmHg; 25.91 and 26.25 mmHg (see Table 18, p.55)
HCO ₃ ⁻ :	25.48 and 16.34 mmol/l; 28.79 and 24.45 mmol/l (see Table 19, p.58)
SBC:	19.45 and 11.89 mmol/l; 25.20 and 21.63 mmol/l (see Table 20, p.61)
BE:	-3.01 and -14.53 mmol/l; 2.44 and -1.90 mmol/l (see Table 21, p.63)
SBE:	-2.16 and -12.76 mmol/l; 3.07 and -1.40 mmol/l (see Table 22, p.66)
TCO ₂ :	27.54 and 18.29 mmol/l; 30.36 and 25.93 mmol/l (see Table 23, p.68)
SAT:	18.36 and 17.71%; 34.91 and 31.41%, respectively (see Table 24, p.71)

The cows showed the following mean values at 5 min. and 24 h post partum, respectively (see Table 27, p.78):

pH value:	7.31 and 7.31
pCO ₂ :	43.07 and 51.53 mmHg
pO ₂ :	40.99 and 36.73 mmHg
HCO ₃ ⁻ :	21.07 and 25.03 mmol/l
SBC:	20.42 and 22.85 mmol/l
BE:	-4.03 and -2.12 mmol/l
SBE:	-3.91 and -1.84 mmol/l
TCO ₂ :	22.03 and 24.51 mmol/l
SAT:	63.28 and 54.52%

There are no significant differences between the values found for cows with "vital" and for those with "asphyxic" calves (see Table 28, p.79).

There are highly significant correlations between pH values on the one hand, and BE- or HCO₃⁻ values on the other ($r_0=0.926$ and 0.974 , respectively, see Table 30, p.87).

The correlation between the blood values of the calves and those of the cows immediately following birth are quite weak (see Table 29, p.81).

7. LITERATURVERZEICHNIS

- AMMAN, H., M.BERCHTOLD u. F.SCHNEIDER (1974):
Blutgas- und Säure-Basen-Verhältnisse bei normalen und
asphyktischen Kälbern
Berl.Münch.Tierärztl. Wochenschr. 87, 66-68
- APGAR, V. (1953):
A proposal for a new method of evaluation of the newborn
infant
Curr.Res. in Anesth. and Analg. 32, 260-267
- APGAR, V. (1966):
The newborn (Apgar) scoring system
Reflections and advice
Pediatr.Clin. North Am. 13, 649-650
- ASTRUP, P. (1957):
Erkennung der Störungen des Säure-Basen-Stoffwechsels
und ihre klinische Bedeutung
Klin. Wochenschr. 35, 749-753
- BACH, J. (1972):
Beitrag zur Statistik der Kälberverluste
Umfang, Ursachen und wirtschaftliche Bedeutung
Berlin, Freie Univ., Fachber. Veterinärmed., Diss.
- BEHREND, D. (1977):
Das Verhalten der Blutgase und des Säure-Basen-Haushal-
tes während der Thiogenal-Narkose beim Pferd
Hannover, Tierärztl. Hochschule, Diss.
- BERG, D., J.HÜTER, G.KÖHNLEIN u. F.KUBLI (1966):
Die Mikroblutuntersuchung am Fetus
2. Mitteilung: Die physiologische fetale Acidose
Arch.Gynaekol. 203, 287-299
- BERG, D. u. J.DÖRRER (1969):
Das Verhalten des Säure-Basen-Haushalts am ersten Le-
benstag unter besonderer Berücksichtigung der ersten
Lebensminuten
Geburtshilfe Frauenheilkd. 29,11, 980-994

BERG, D. u. E.SALING (1968):

Kritische Betrachtung der Zustandsdiagnostik beim
Neugeborenen

Geburtshilfe Frauenheilkd. 28, 238-247

BRENNER, K.-V. u. H.GÜRTLER (1977):

Säure-Basen-Status und Laktatgehalt im Blut neugeborener
Ferkel in Abhängigkeit vom Geburtsvorgang

Monatsh.Vet.-Med. 32, 850-853

BRETSCHER, J. (1966):

Fehler und Irrtum bei pH-Analysen von Mikroblutproben
Gynaecologia 162, 369-379

BRETSCHER, J. (1967):

Die Problematik von pH-Messungen aus Mikroblutproben
Paediatr.Paedol. 3, 146-156

BRETSCHER, J. u. E.SALING (1967):

Beziehungen des Plasma-Kaliumgehaltes zum Säure-Basen-
Haushalt und zum klinischen Zustand des Neugeborenen

Paediatr.Paedol. 3, 138-145

BEUTNAGEL, H., D.GAUCH u. H.FABEL (1971):

Blutgase und Säure-Basen-Haushalt von normalen Neugebo-
renen am ersten Lebenstag

Z. Geburtshilfe Gynaekol. 175, 1-6

EICHLER-STEINHAUFF, H.-J. (1977):

Untersuchungen über den aktuellen pH-Wert und die Blut-
gasverhältnisse im venösen Blut von Kälbern während des
Geburtablaufes

Berlin, Freie Univ., Fachber. Veterinärmed., Diss.

EIGENMANN, V. (1981):

Der Einfluß geburthilflicher Maßnahmen auf die Lebens-
fähigkeit neugeborener Kälber

Prakt.Tierarzt 11, 933-942 und 1006

FISCHER, W.M. u. W.TOUSSAINT (1963):

Über den Säure-Basen-Haushalt beim Neugeborenen:

Untersuchungen in den ersten Lebensminuten.

Arch.Gynaekol. 199, 182-198

GOHARY, G.S. u. K.BICKHARDT (1979):

Der Einfluß des Blutentnahmestresses auf Blutmeßwerte
des Schafes

Dtsch.Tierärztl.Wochenschr. 86, 225-228

HAHNDORF, A. (1967):

Die wichtigsten Todesursachen des Kalbes anhand der
Sektionsstatistik mit besonderer Berücksichtigung der
pathologisch-anatomischen Veränderungen

Gießen, Univ., Veterinärmed.Fak., Diss.

HASKINS, S.C. (1977a):

An overview of acid-base-physiology

J.Am.Vet.Med.Assoc. 170, 423-428

HASKINS, S.C. (1977b):

Sampling and storage of blood for pH and blood gas
analysis.

J.Am.Vet.Med.Ass. 170, 429-433

HÜBL, P. (1970):

Die chemischen Grundlagen des Säure-Basen-Haushaltes mit
Berücksichtigung der Blutgasanalyse

Med.Lab. 23, 49-60

ISSEL, E.P., H.EGGERS, Ch.PLATH, J.TÖWE u. M.VOIGT (1976):

Der Apgar-Wert des Neugeborenen und seine prognostische
Aussagekraft für den Verlauf der Neonatalperiode

Zentralbl.Gynäkol. 98, 1618-1625

JAMES, L.S. (1960):

Acidosis of the newborn and its relation to birth asphyxia.

Acta Paed.Scand. 49, Suppl. 122, 17-28

KERPEL-FRONIUS, E. (1972):

Das Acidoseproblem in der Neonatologie

Paediatr.Paedol. 7, 109-119

KÖPPE, U. (1980):

Blutgas- und Säure-Basen-Werte bei vorzeitig und termin-gerecht entwickelten Kälbern in den ersten 24 Lebensstunden Hannover, Tierärztl. Hochschule, Diss.

KUBLI, F., D.BERG, G.KÖHNLEIN, J. HÜTER u. D.BRETZ (1966a):

Die Mikroblutuntersuchung am Fetus

I. Kritik der Methode

Geburtshilfe Frauenheilkd. 26, Heft 12, 1537-1558

KUBLI, F., D.BERG, J.HÜTER u. F. AL BANDAR (1966b):

Die Mikroblutuntersuchung am Fetus

III. Mitteilung: Beitrag zum Problem des Säurebasen-gleichgewichts zwischen Mutter und Kind

Arch.Gynäkol. 203, 300-316

MAURER-SCHWEIZER, H. u. K.WALSER (1977):

Azidose und klinischer Zustand bei asphyktischen Kälbern Berl.Münch. Tierärztl. Wochenschr. 90, 364-366 und 369-371

MAURER-SCHWEIZER, H., U.WILHELM u. K.WALSER (1977a):

Blutgase- und Säure-Basen-Haushalt bei lebensfrischen Kälbern in den ersten 24 Lebensstunden

Berl.Münch.Tierärztl. Wochenschr. 90, 192-196

MAURER-SCHWEIZER, H., U.WILHELM u. K.WALSER (1977b):

Blutgas- und Säure-Basen-Verhältnisse bei lebensfrischen Kaiserschnittkälbern in den ersten 24 Lebensstunden

Berl. Münch.Tierärztl. Wochenschr. 90, 215-218

MICHAELIS, B. (1982):

Experimentelle Erzeugung einer respiratorisch-metaboli-schen Azidose beim Kalb bei gleichzeitiger Überprüfung des therapeutischen Wertes von Natriumhydrogenkarbonat- und Trispufferlösungen

Berlin, Freie Univ., Fachber. Veterinärmed., Diss.

MITSCHE, V. (1973):

Zur Bestimmung der Blutgas- und Säure-Basen-Verhältnisse
beim Hund unter besonderer Berücksichtigung des Ver-
gleichs von Arterien-, Venen- und Kapillarblut
Hannover, Tierärztl. Hochschule, Diss.

MOORE, W.E. (1969):

Acid-based and electrolyte changes in normal calves
during the neonatal period
Am.J.Vet.Res. 30, 1133-1138

MÖLLER-PLATHE, O. (1973):

Klinische Chemie in Einzeldarstellungen
Band 1: Säure-Basen-Haushalt und Blutgase
Thieme Verlag, Stuttgart

MÖLLING, M. (1976):

Asphyxie des neugeborenen Kalbes
Prakt. Tierarzt 58, Sondernummer, 78-80, Collegium
veterinarium

MÖLLING, M., H.-J.HENNING u. Ch.MARCKS (1972).

Aktuelle pH-Werte im Blut neugeborener Kälber
Tierärztl.Umsch. 27, 180-181

MÖLLING, M., H.WAIZENHÖFER u. B.BRATTIG (1979):

Glukose-, Laktat- und $\text{pH}_{\text{akt.}}$ -Werte bei Kühen und Kälbern
während und unmittelbar nach der Geburt
Berl.Münch.Tierärztl. Wochenschr. 92, 111-117

MURRAY, J.F. (1969):

Acid-Based Balance
J.Am.Vet.Med.Assoc. 154, 528-530

PETSCHENIG, W. (1978):

Untersuchungen über Blutgase und den Säure-Basen-Haus-
halt im venösen Blut neugeborener Kälber
Wien, Tierärztl. Hochschule, Diss.

RANDALL, G.C.B. (1971):

The relationship of arterial blood pH and pCO_2 to the
viability of the newborn piglet
Can.J.Comp.Med. 35, 141-146

RANDALL, G.C.B. (1972):

pH-Values and blood-gas tensions in the normal piglet during the first 48 hours of life

Biol.Neonat 20, 68-73

ROEMER, V.M., V.SÄNGER u. T.ELSENBERGER (1974):

Die Struktur der Apgar-Zahl in der elektronischen Analyse
II. Korrelation mit dem Säure-Basenhaushalt und anderen Parametern

Arch.Gynaekol. 217, 85-111

ROSSDALE, P.D. (1968):

Blood gas tensions and pH values in the normal thoroughbred foal at birth and in the following 42 h

Biol.Neonat 13, 18-25

ROSSDALE, P.D. (1972):

Differential diagnosis and treatment of equine neonatal disease

Vet.Rec. 91, 581-588

SALING, E. (1965):

Zustandsdiagnose beim Neugeborenen unmittelbar nach der Geburt

Gynaecologia 160, 133-156

SALING, E. (1966a):

Die O₂-Sparschaltung des fetalen Kreislaufs

Geburtshilfe Frauenheilkd. 26, 413-419

SALING, E. (1966b):

Das Kind im Bereich der Geburtshilfe

Thieme Verlag, Stuttgart

SCHLERKA, G., W.PETSCHENIG u. J.JAHN (1979):

Untersuchung über die Blutgase, den Säure-Basen-Haushalt, Elektrolytgehalt, einige Enzyme und Inhaltsstoffe im Blut neugeborener Kälber

Dtsch.Tierärztl.Wochenschr. 86, 95-100

SCHIRUTSCHKE, H. (1977):

Untersuchungen über Blutgasverhältnisse und Säure-Basen-Haushalt bei frühgeborenen Ferkeln während der ersten beiden Lebenstage

München, Univ. Fachber. Tiermed., Diss.

SOERGEL, W., M.MACOTTY, V.PHILLIP, W.REHRMANN u. H.J.RUOFF (1970):

Klinischer Status praesens und postpartale Blutanalyse des Neugeborenen

Geburtshilfe Frauenheilkd. 30, 1083-1088

TRUNIGER, B. (1974):

Wasser- und Elektrolythaushalt

4.Auflage, Thieme Verlag, Stuttgart

UNSHELM, J. u. M.HAGEMEISTER (1969):

Individuelle tages- und tageszeitabhängige Schwankungen von Blutbestandteilen beim Rind

7. Mitteilung: Das Verhalten verschiedener Kriterien des Säure-basen-Haushaltes (Standard-Bikarbonat, Basenüberschuß, pCO_2 und pH-Wert)

Zentralbl.Veterinärmed., Reihe A, 16, 916-926

WAIZENHÖFER, H. (1977):

Das Verhalten von $pH_{akt.}$, pO_2 und pCO_2 im venösen, kapillären und arteriellen Blut sowie von Laktat und Pyruvat im Venenblut neugeborener Kälber

Berlin, Freie Univ., Fachber. Veterinärmed., Diss.

WAIZENHÖFER, H. u. M.MÜLLING (1978a):

Untersuchungen über das Verhalten von $pH_{akt.}$, pO_2 und pCO_2 im venösen, kapillären und arteriellen Blut neugeborener Kälber

Berl. Münch.Tierärztl. Wochenschr. 91, 173-176

WAIZENHÖFER, H. u. M.MÜLLING (1978b):

Laktat-, Pyruvat- und aktuelle pH-Werte im venösen Blut neugeborener Kälber

Berl.Münch.Tierärztl. Wochenschr. 91, 186-188

WALSER, K. u. H. MAURER-SCHWEIZER (1978):

Dies Asphyxie des Neugeborenen

Tierärztl. Prax. 6, 451-459

WEBER, T. (1980):

Continuous fetal pH monitoring and neonatal Apgar score

J. Perinat. Med. 8, 158-163

WELS, A., J. KOMAREK u. U. RITTER (1973):

Sauerstoffbindungskurven des Blutes verschiedener Säug-
tiere in Abhängigkeit von der Temperatur

Zentralbl. Veterinärmed., Reihe A, 20, 537-545

WILHELM, U. (1975):

Untersuchungen über Blutgasverhältnisse und Säure-Basen-
Haushalt bei neugeborenen Ferkeln unter besonderer Be-
rücksichtigung der Geburtsdauer

München, Univ. Fachber. Tiermed., Diss.

WILHELM, U., H. MAURER-SCHWEIZER u. K. WALSER (1977):

Blutgasverhältnisse und Säure-Basen-Haushalt bei neuge-
borenen Ferkeln nach ungestörtem Geburtsverlauf

Berl. Münch. Tierärztl. Wochenschr. 90, 92-95

WILHELM, U., H. MAURER-SCHWEIZER u. K. WALSER (1978):

Einfluß der Geburtsdauer auf die Säure-Basen-Verhältnis-
se beim neugeborenen Ferkel in den ersten 24 Lebensstun-
den

Berl. Münch. Tierärztl. Wochenschr. 91, 206-209

8. ANHANG

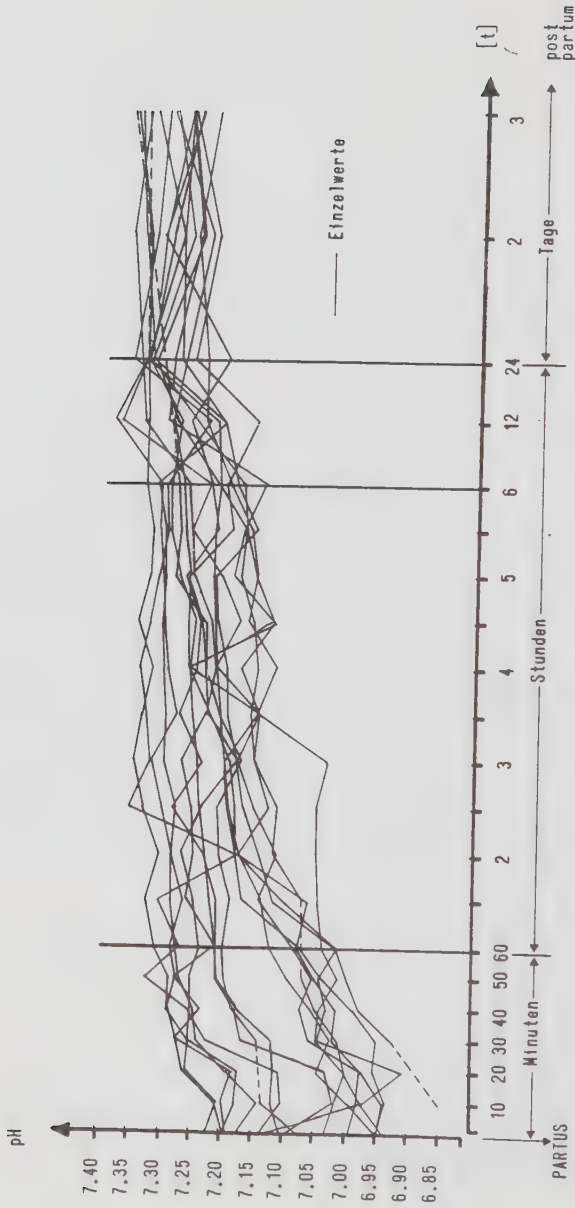


Abbildung 15: Verlauf der pH-Werte der einzelnen untersuchten Kälber post partum bis zu einem Alter von 3 Tagen.

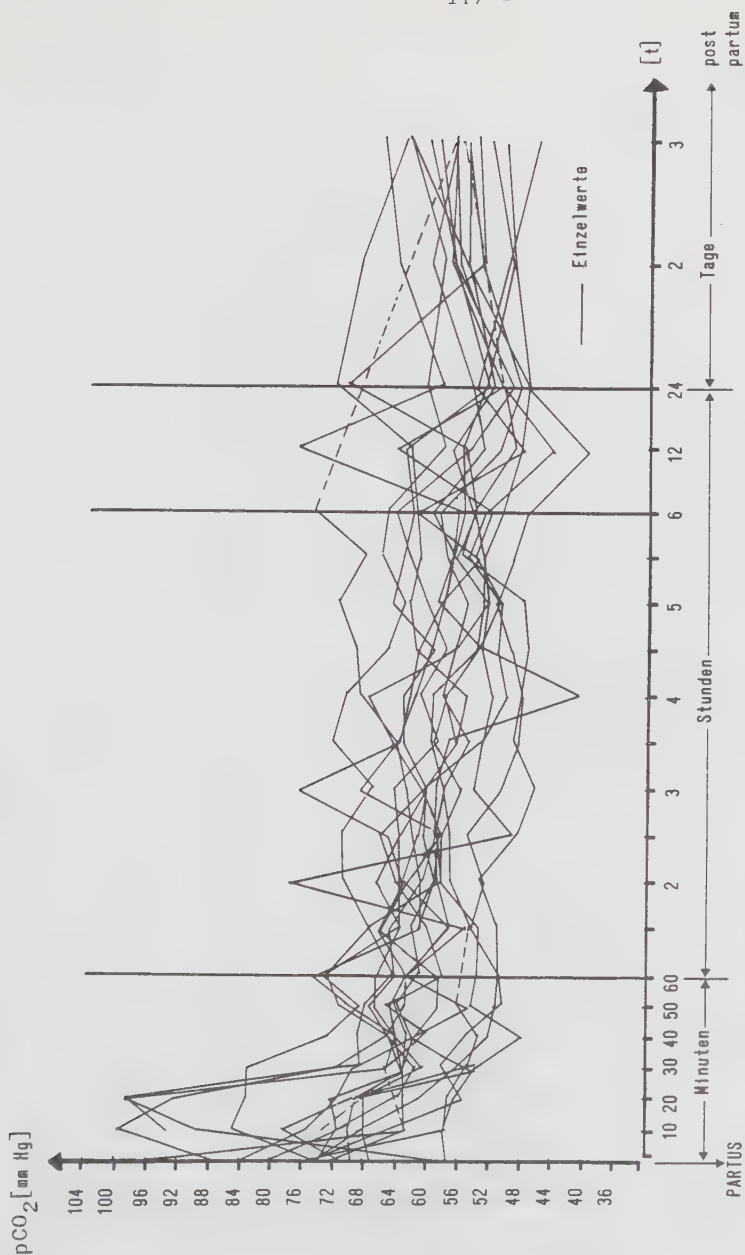
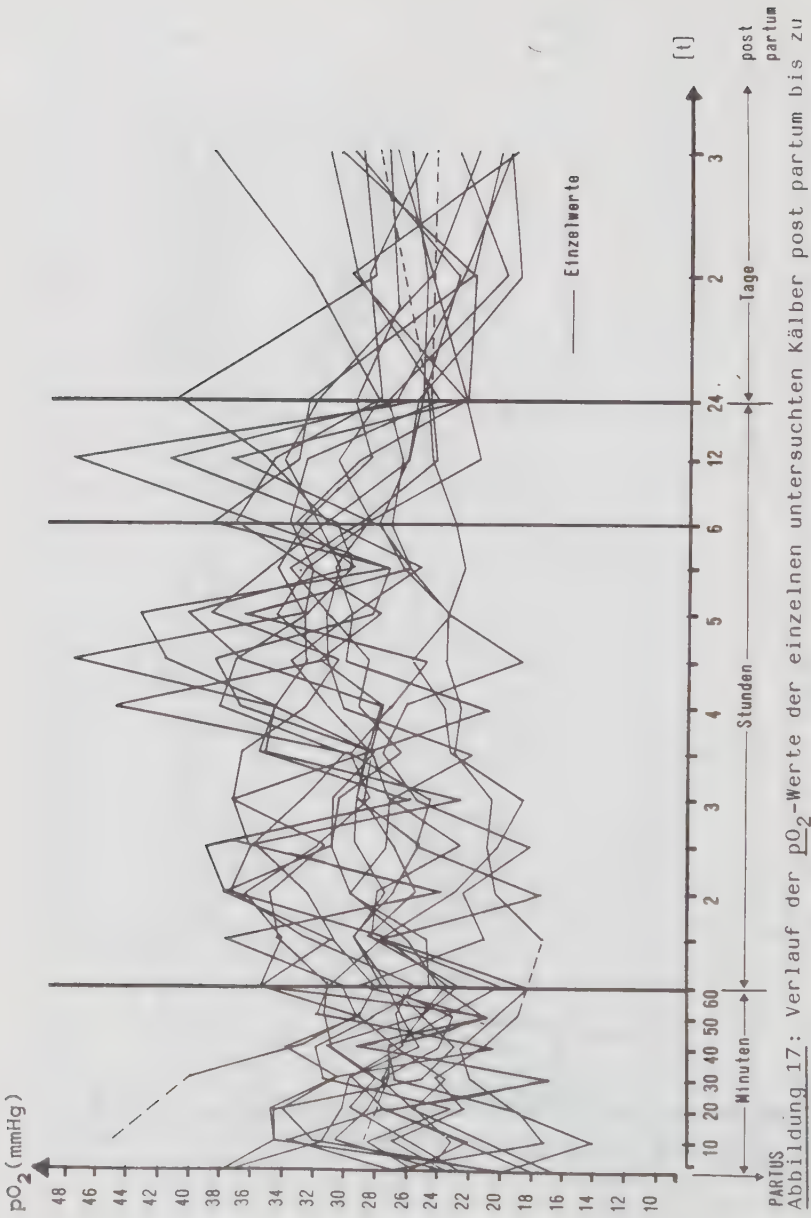


Abbildung 16: Verlauf der pCO_2 -Werte der einzelnen untersuchten Kälber post partum bis zu einem Alter von 3 Tagen.



PARTUS
Abbildung 17: Verlauf der pO_2 -Werte der einzelnen untersuchten Kälber post partum bis zu einem Alter von 3 Tagen.

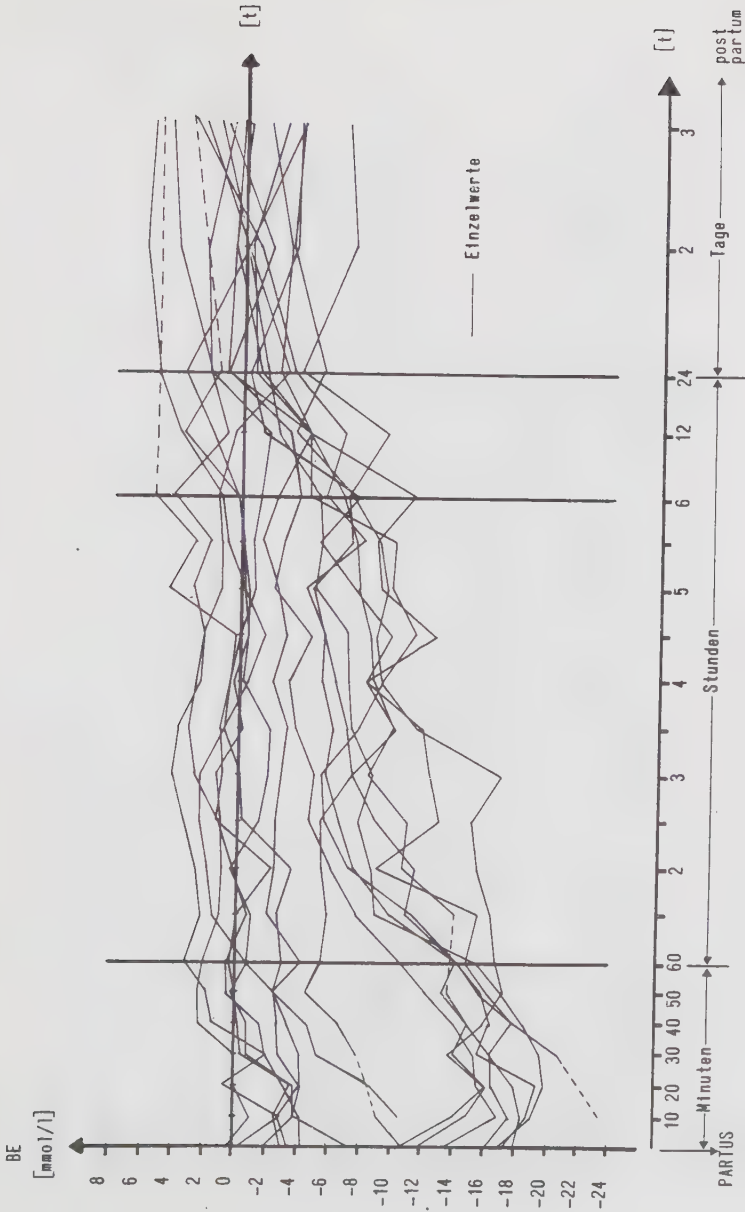


Abbildung 18: Verlauf der BE-Werte der einzelnen untersuchten Kälber post partum bis zu einem Alter von 3 Tagen.

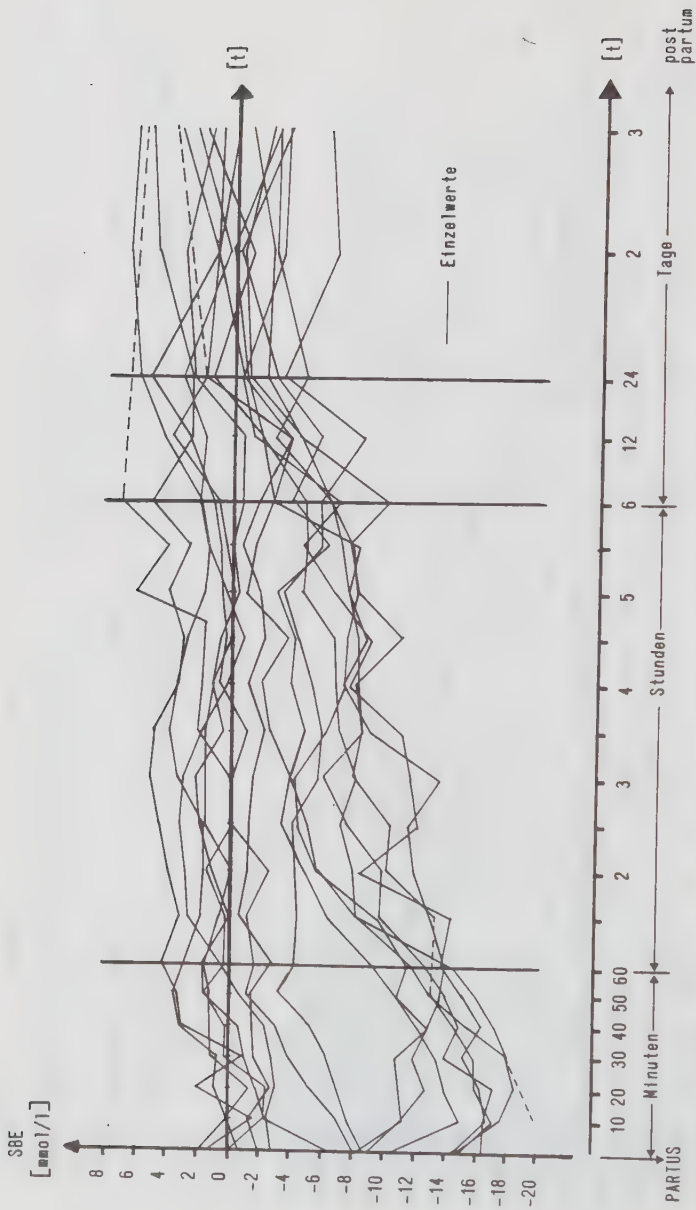


Abbildung 19: Verlauf der SBE-Werte der einzelnen untersuchten Kälber post partum bis zu einem Alter von 3 Tagen.

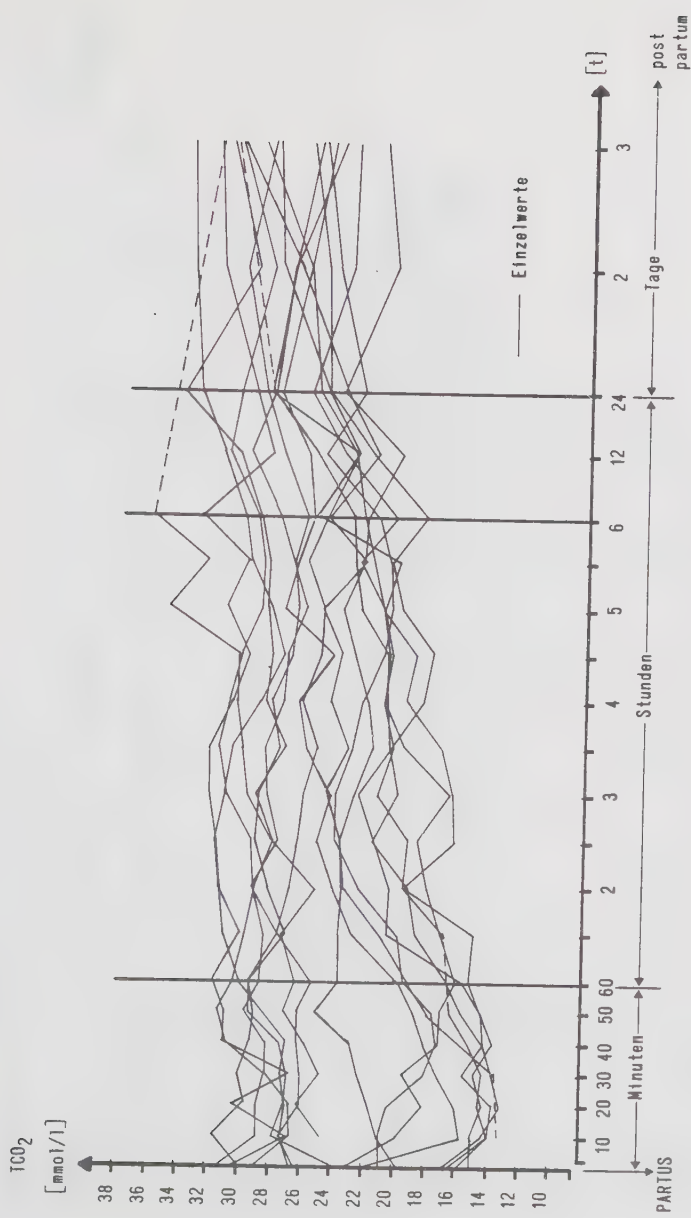


Abbildung 20: Verlauf der TCO_2 -Werte der einzelnen untersuchten Kälber post partum bis zu einem Alter von 3 Tagen.

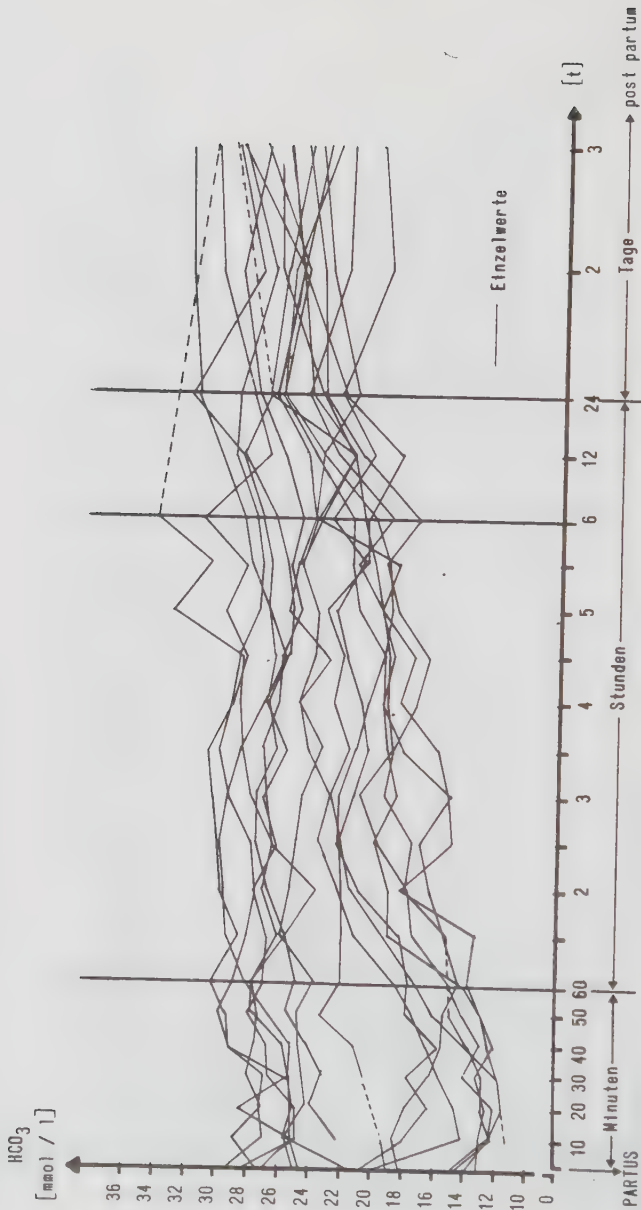


Abbildung 21: Verlauf der HCO_3^- -Gehalte der einzelnen untersuchten Kälber post partum bis zu einem Alter von 3 Tagen.

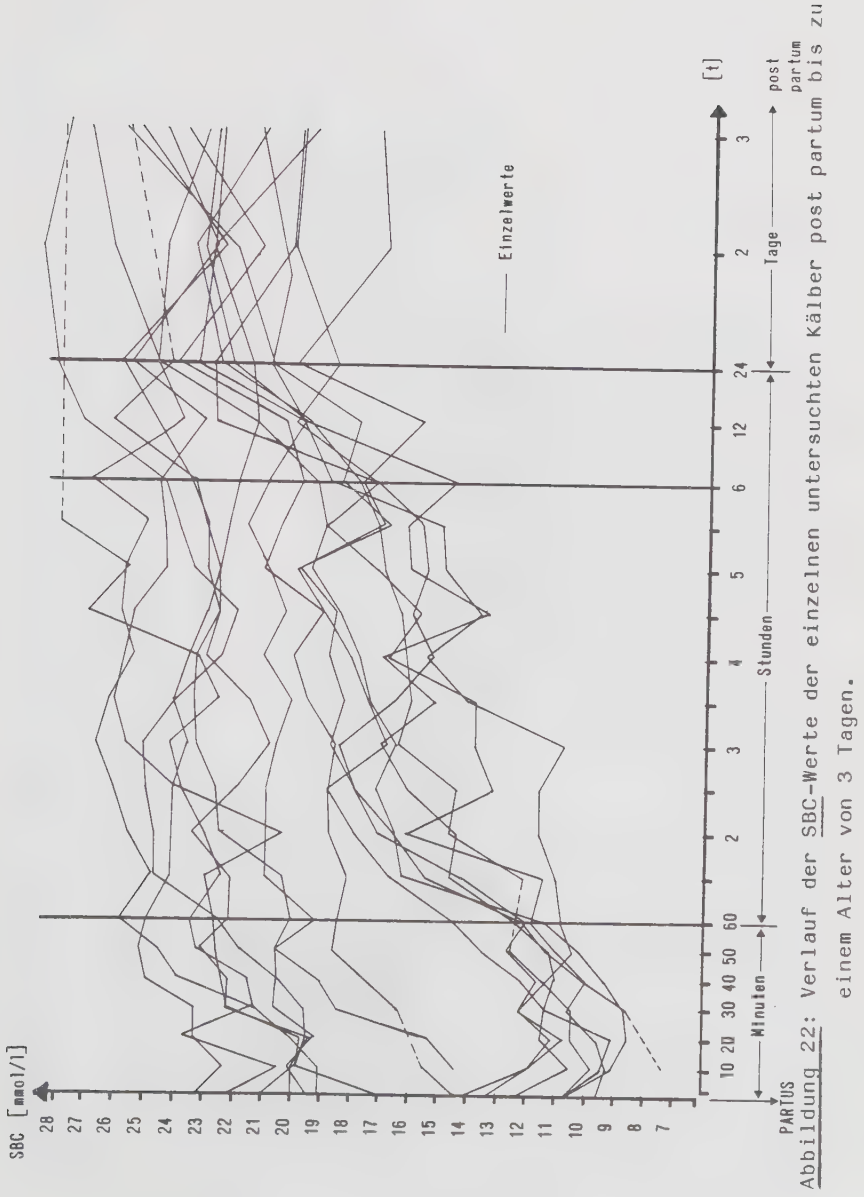


Abbildung 22: Verlauf der SBC-Werte der einzelnen untersuchten Kälber post partum bis zu einem Alter von 3 Tagen.

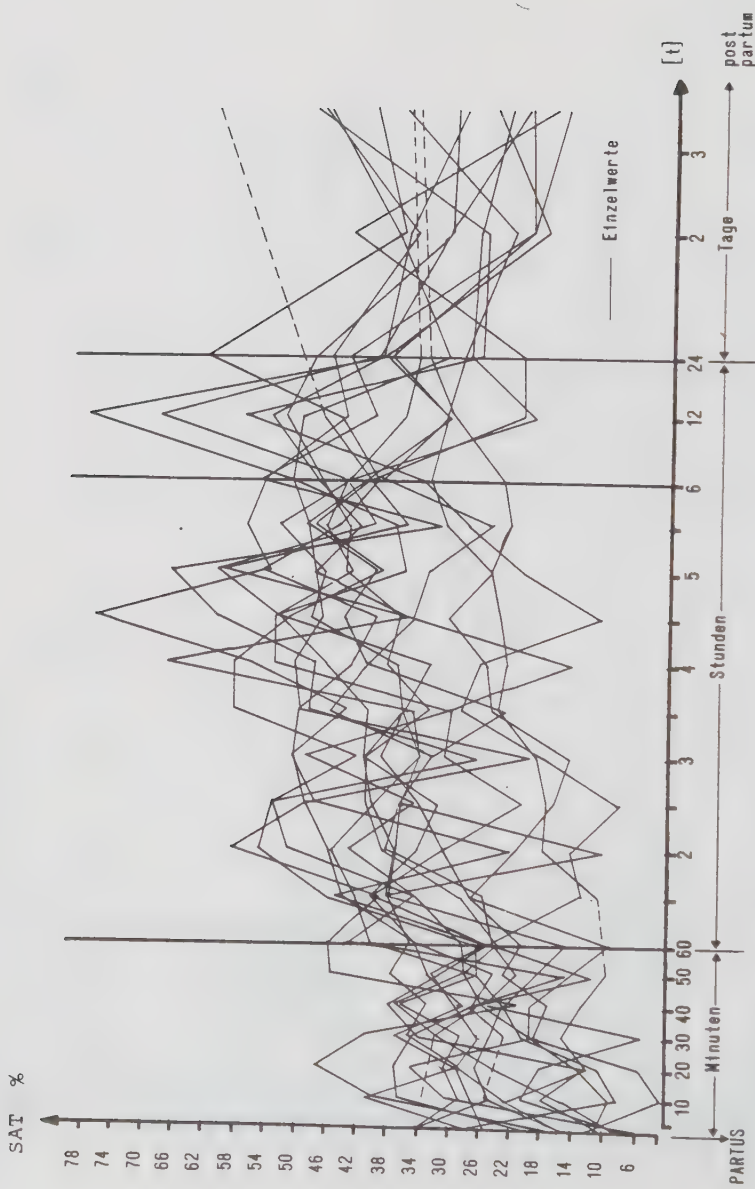


Abbildung 23: Verlauf der SAI-Werte der einzelnen untersuchten Kälber post partum bis zu einem Alter von 3 Tagen.

LEBENS LAUF

Name: Anne-Brit B l a n k e, geb. Swensen
geboren: 31.10.1952 in Drammen, Norwegen
Eltern: Carl Wilhelm Swensen
Tutti Swensen, geb. Kjelland-Mördre
Geschwister: 3 Schwestern
Eheschluß: 1979, Ehemann: Hans-Jörg Blanke, Tierarzt
Kinder: Marianne, geb. 16.1.1980 und Marius,
geb. 6.8.1981
Ausbildung: 1959 bis 1972 Grund-, Jugend- und Ober-
schule (Gymnasium) in Sarpsborg, Norwegen.
Dazwischen ein Jahr Austausch-Schüler in
den USA (1970). Veterinärmedizinisches
Studium an der FU Berlin, 1973-1978.
Abschluß Tierärztliches Staatsexamen.
Tätigkeiten: Studentische Hilfskraft an der Klinik für
Pferdekrankheiten und Chirurgie der FU
Berlin (1975-77).
Wissenschaftliche Assistentin an der Kli-
nik und Poliklinik für kleine Haustiere
der FU Berlin (1979).
Diverse Kleintier- und Gemischtpraxis-Ver-
tretungen in Deutschland und Norwegen
(1983-1984).
Nach Zusatzprüfung Erlangung der norwegi-
schen Approbation, Dezember 1982, Oslo.

Für die Überlassung des Themas und seine freundliche Unterstützung möchte ich Herrn Prof. Dr. M.Mülling posthum herzlichst danken.

Mein Dank gilt auch Herrn Prof. Dr. Lotthammer für die Übernahme und Unterstützung beim Fertigstellen der Arbeit.

Ebenso danke ich der Medizinisch-Technischen Assistentin Frau I.Windisch für ihre große Hilfe bei der praktischen Durchführung der Analysen.

Weiterhin möchte ich mich bei Frau Dr. Arndt aus der Fachrichtung Biometrie im Fachbereich Veterinärmedizin für ihre freundliche Beratung und Hilfe bei der Darstellung und Auswertung der Versuchsergebnisse bedanken.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Dr. Udo Holland für seine moralische Unterstützung und Mithilfe bei der Anfertigung des sprachlichen Teils der Arbeit.

